

Verbeterde metodes vir miniknol produksie by aartappels (*Solanum tuberosum* L.)

Deur

RUBEN BARNARD

Tesis ingelewer ter gedeeltelike voldoening aan die Graad Magister in die
Landbouwetenskappe aan die Universiteit van Stellenbosch

Pictura corroborant cultus recti

Studieleier: Dr. N.J.J. Combrink

Departement Agronomie

Universiteit van Stellenbosch

Desember 2001

VERKLARING

Ek, die ondergetekende, verklaar hiermee dat die werk in hierdie tesis vervat, my eie oorspronklike werk is en dat ek dit nie vantevore in die geheel of gedeeltelik by enige ander universiteit ter verkryging van 'n graad voorgelê het nie.

HANDTEKENING

DATUM

UITTREKSEL

Aartappels is die vierde belangrikste voedselsoort in die wêreld. Om te kan voorsien aan die ewigdurende verhoogde vraag na hierdie stapelvoedel deur die groeiende wêreld-bevolking, sal daar maniere gevind moet word om die eindproduk goedkoper en in 'n gesonder toestand op die mark te plaas. Die knolle bestaan hoofsaaklik uit koolhidrate en stysel, alhoewel 9% van die droë gewig van knolle uit proteïene bestaan. Die aartappelknol is in sy natuurlike toestand laag in natrium en hoog in kalium en vitamien C. Hierdie proteïene kan in al die aminosuur-behoeftes van mense voorsien wat dit dus 'n uitstekende gebalanseerde dieet maak.

Die belangrikste faktor waarmee die produksie en kwaliteit van aartappels verhoog kan word is om beter voortplantingsmateriaal aan produsente te verskaf. Miniknolproduksie is 'n relatief nuwe manier om gesonde en groeikragtige voortplantingsmateriaal vinnig by die produsente te kry. Dit is egter 'n duur metode omdat die kapitaal-investering groot is. Deur meer knolle per plant, of meer knolle per vierkante meter te produseer kan die eenheidsprys per moer verlaag word. Die sisteem wat algemeen vir miniknolproduksie gebruik word is om *in vitro* plantjies in 'n kweekhuis, gewoonlik in 'n vermikuliet/dennebas mengsel te plant. Voedingstowwe word dan soos in 'n hidrokultuurstelsel saam met die besproeiingswater toegedien.

As moontlike strategie om die produksie van miniknolle by aartappels te verhoog, is die invloed van voeding daarop ondersoek. Daar is gevind dat daar nie groot verskille in knolproduksie met klein afwykings in fosfaat- en kalsium-voeding veroorsaak is nie. Navorsers wat wel betekenisvolle verskille in knolproduksie met voedingsbehandelings verkry het, het ekstreme tekorte reggestel of geïnduseer.

Deur die wortel- en knolmedium van aartappelplante aan 'n pH-skok (voedingsoplossing met 'n pH van 3.5 vir 10 ure) bloot te stel, is daar gevind dat 'n groot hoeveelheid knolle geïnisieer word. Verder is 'n nuwe produksietegniek ontwikkel waar die plante met 'n suiwer waterkultuur metode geproduseer word, sodat knolle wat oesgereed is verwyder kan word. Aartappelplante inisieer nie maklik

knolle onder hierdie omstandighede waar stolons geen meganiese weerstand ervaar nie. Met behulp van die pH-skok het daar betekenisvol meer knolle per plant gevorm.

Die werking van die pH-skok kan moontlik aan 'n tydelike ontoeganklikheid van voedingstowwe toegeskryf word. Beide kalsium en magnesium word moeilik by 'n lae pH opgeneem maar kalsium word boonop moeilik deur die plant getranslokeer. Aangesien 'n voedingsoplossing sonder enige kalsium dieselfde resultate as die pH-skok gelewer het, lyk dit asof 'n geïnduseerde kalsium-gebrek vir die lae pH effek verantwoordelik mag wees. Die skok kan makliker en veiliger toegepas word deur vir 'n tydperk net skoon water aan die plante te gee. So 'n behandeling is egter nie beproef nie maar behoort in opvolgwerk aandag te ontvang.

Die optimum tyd waarop so 'n skok toegedien moet word is nog onduidelik. Daar kan nie op 'n eksakte aantal dae na uitplant gewerk word nie, aangesien daar te veel faktore soos ligintensiteit, daglengte en kultivar is wat plante se groei en knolinisiasie kan beïnvloed. Omgewingstoestande, die fisiologiese ouderdom van die plant en die hoeveelheid biomassa wat gevorm het mag bepaal wanneer die plante geskok moet word. Waar ongunstige omgewingstoestande geheers het, kon 'n lae-pH-skok op geen stadium knolinisiasie induseer nie. Dit wil voorkom asof die plant vir 'n knolinisiasie fase gereed moet wees voordat 'n lae-pH-skok doeltreffend is. Dit verhoog dan bloot die aantal knolle wat per plant ontwikkel. Deur die knolle op die verlangde grootte te pluk kan die las op die plante verlig word sodat meer knolle mag vorm.

Daar is ervaar dat die reprodktiewe stelsel van die aartappelplant kompleks is en dat daar baie faktore is wat dit mag beïnvloed. Die nuwe produksiestelsel toon potensiaal, alhoewel verdere ontwikkelingswerk nog nodig is.

ABSTRACT

Potatoes is the fourth most important food source in the world. To provide in the ever increasing demand by the growing world population for this staple food, alternative ways will have to be found to produce a cheaper and a healthier end product. The tubers mainly consist of carbohydrates and starch, although 9% of the dry weight of the tubers consist of proteins. In its natural state the potato tuber is low in sodium and high in potassium and vitamin C. These proteins can provide in all the amino-acid requirements of humans and make it an outstanding balanced diet.

The most important factor by which the production and quality of potatoes can be increased, is to provide better propagation material to producers. Minituber production is a relatively new method of producing better quality propagation material for producers. It is, however, very expensive because of the high capital investment needed. By producing more tubers per plant, or more tubers per square meter, the unit price per tuber may be lowered. The system commonly used for minituber production is where *in vitro* plants are planted in a greenhouse, usually in a vermiculite/peat mixture as medium. As in a hydroponic system, nutrients are added to the irrigation water.

As possible strategy to increase the production of mini-tubers, the effect of nutrition was investigated. No significant differences were found in tuber production with small deviations in phosphorous and calcium nutrition. Researchers who reported significant differences in tuber production with nutrition, either corrected extreme shortages or induced it.

By subjecting the root and tuber medium of potato plants to a pH-shock (nutrient solution with a pH of 3.5 for 10 hours), large amounts of tubers were initiated. A new production technique was developed where plants were grown in a hydroponic way without any root medium. In this way the right sized tubers could be removed without damaging the plant. Potato plants do not initiate tubers easily where stolons are not subjected to mechanical resistance. This problem was solved with the help of a pH-shock, where significantly more tubers were formed per plant.

The action of the pH-shock could be explained by a temporary inaccessibility of nutrients to the plant. Both calcium and magnesium absorption are hampered at a low pH, but calcium is also poorly translocated in the plant. Considering that a nutrient solution without calcium produced the same results as the pH-shock treatment in this study, one may make the assumption that an induced calcium shortage may be responsible for the low pH effect. The same effect may even be induced by giving the plants clean water for some time. Such a treatment was, however, not tested but should receive attention in further studies.

The correct timing for a low pH-shock may need more research. A precise number of days after transplanting can not be prescribed since many factors such as light intensity, daylength and cultivar difference affect plant growth and tuber initiation. Environmental conditions, the physiological age and the biomass of the plant may affect the timing of the shock. A low pH-shock could not at any stage induce tubers in potato plants where unfavorable environmental conditions occurred. It seems as if the plants need to be ready for tuber initiation before the pH-shock can be successfully applied. By removing/harvesting the tubers at the required weight, the burden on the plant may be relieved enabling more tubers to form.

It was experienced that the reproductive system of the potato plant is complex with a number of factors affecting it. The new production system has potential, but more developmental work is still needed.

BEDANKINGS

Eerstens wil ek my studieleier, Dr. N.J.J. Combrink bedank vir al sy ondersteuning, hulp en harde werk. Sonder hom sou die tesis nie moontlik gewees het nie.

Aan my familie wil ek dankie sê vir hulle ondersteuning, sowel as die geleentheid om verder te kon studeer. 'n Spesiale woord van dank aan my pa wat altyd optimisties was en raad gegee het waar hy kon, asook die finansiële hulp met my studies.

Ek bedank graag die Universiteit van Stellenbosch, in die besonder die Agronomie departement vir hul ondersteuning, asook vir die gebruik van Welgevallen proefplaas se fasiliteite.

Dankie aan oom Reg Brickhill, wat sy tyd, ervaring en vindingrykheid so vrylik met my gedeel het.

'n Woord van dank aan Jilda-Marie Jonker en Sanet Theart wat *in vitro* plantjies van hoë kwaliteit sonder koste aan my verskaf het.

Dankie aan al die personeel van Welgevallen proefplaas, dit was 'n aangename ondervinding om saam met julle te werk.

'n Laaste woord van dank aan my Hemelse Vader vir die geleenthede en talente wat Hy my gegee het.

INHOUDSOPGAWE

Hoofstuk 1

Inleiding	1
Literatuurverwysings	4

Hoofstuk 2

Literatuuroorsig: *Faktore en groeistowwe wat knolinisiasie beïnvloed*

1. Verskillende groeistadiums	5
1.1. Spruitontwikkeling	5
1.2. Vegetatiewe groei	6
1.3. Knolinisiasie	7
1.3.1. Fotoperiode	8
1.3.2. Irradiasie	8
1.3.3. Temperatuur	8
1.3.4. Bemesting	9
1.3.5. Fisiologiese ouderdom van die saadstuk	9
1.4. Knolvulling	9
1.5. Volwassenheid	10
2. Hormone	10
2.1. Effek van hormone op verskillende plantstadiums	10
2.1.1. Stolon inisiasie	10
2.1.2. Stolon groei	11
2.1.3. Beëindiging van stolon groei	12
2.1.4. Knolinisiasie	12
2.2. Gibberilliene en anti-gibberilliene	13
2.2.1. Gibberilliensuur	13
2.2.2. Anti-gibberilliene	14
Literatuurverwysings	15

Hoofstuk 3

Literatuuroorsig: *Die invloed van plantvoeding op groei en knolinisiasie*

1. Funksies en aard van voedingselemente	18
1.1. Stikstof	18
1.2. Fosfor	20
1.3. Kalium	21
1.4. Kalsium	22
1.5. Mikro elemente	23
2. Kenmerke van voedingstekorte by aartappels	23
2.1. Stikstof	23
2.2. Fosfor	24
2.3. Kalium	24
2.4. Kalsium	25
2.5. Magnesium	25
2.6. Swael	25
2.7. Molibdeen	25
2.8. Boor	26
2.9. Yster	26
2.10. Sink	26
2.11. Mangaan	26
2.12. Koper	27
Literatuurverwysings	28

Hoofstuk 4

Literatuuroorsig: *Vermeerdering van saadaartappels.*

1. Geskiedenis	30
2. Sertifiseringsprosedure	30
2.1. Registrasie van die eenheid	31

2.2. Landinspeksies	31
2.3. Laboratoriumtoetse	32
2.4. Knolinspeksies	32
2.5. Generasies	32
3. Miniknolle	33
3.1. Mikrovoortplantingstelsels	34
3.1.1. <i>In vitro</i> plantjies	34
3.1.2. Mikrotubers	34
3.1.3. Minitubers	34
3.1.4. Klein tubers	34
3.2. Voordele	35
3.3. Probleme	35
4. Verskillende produksietegnieke en behandelings van miniknolle	35
4.1. Konvensionele hidrokultuur metode	36
4.2. “Nutrient film technique” (NFT)	36
4.3. “Aeroponics”	37
4.4. Behandelings	37
Literatuurverwysings	38

Hoofstuk 5

Die invloed van fosfor, kalsium en pH op die produksie van aartappelknolle in kweekhuise

Uittreksel	40
Inleiding	41
Materiaal en Metodes	42
Resultate	47
Bespreking	56
Literatuurverwysings	58

Hoofstuk 6

’n Verhoging in die aantal miniknolle per plant deur verlaagde pH- en kalsium-vlakke in die knolgroei-medium

Uittreksel	60
Inleiding	61
Materiaal en Metodes	62
Resultate en bespreking	66
Literatuurverwysings	71

Hoofstuk 7

Produksie van aartappel miniknolle met ’n hidrokultuur produksietegniek

Uittreksel	72
Inleiding	73
Materiaal en Metodes	74
Resultate en bespreking	79
Literatuurverwysings	80

HOOFSTUK 1

Inleiding

Alle kommersiële aartappels wat regoor die wêreld verbou word, behoort aan die spesie *Solanum tuberosum* L. Dit is 'n plant wat by meeste klimaat en omgewings kan aanpas, maar optimaal as 'n koelweergewas presteer. In Suid-Afrika word aartappels vanaf seevlak tot 2000 meter bo seespieël verbou. In party streke, soos byvoorbeeld die Sandveld, word aartappels dwarsdeur die jaar geplant terwyl ander streke soos die Hoëveld 'n baie beperkte seisoen het.

Alle aanduidings dui daarop dat aartappels oorspronklik vanaf Suid-Amerika kom. In die Andesgebergtes in Peru kom daar baie wilde soorte aartappels voor wat waarskynlik die voorouers van die huidige kommersiële aartappel is. Daar word beweer dat aartappels reeds 8000 jaar gelede daar verbou is. Die Spanjaarde het dit eers in die sestiende eeu aan die Weste bekendgestel. Aartappels het van Europa na Noord-Amerika versprei en later ook na die res van die wêreld (Steyn, 1999).

Daar is ongeveer 2000 *Solanum*- spesies in die wêreld waarvan slegs 180 knoldraend is. Agt van die spesies word as voedsel verbou. In die afgelope vier honderd jaar het die aartappel tot die vierde belangrikste kossoort na koring, rys en mielies ontwikkel. In die Verenigde State van Amerika het aartappels tot die tweede belangrikste kossoort gevorder. Die rede daarvoor is die veelsydigheid van aartappels in die kookkuns, asook die gewildheid daarvan vir skyfies.

In sy natuurlike toestand is die aartappelknol laag in natrium en hoog in kalium en vitamien C (Ulrich, 1993). Die knolle bestaan hoofsaaklik uit koolhidrate en stysel, alhoewel 9% van die droë gewig van knolle uit proteïene bestaan. Hierdie proteïene kan die totale menslike behoefte aan aminosure bevredig en dit bevat relatief hoë konsentrasies lisien (Tibbitts & Wheeler, 1987).

Die gemiddelde opbrengs in Suid-Afrika het van 11.87 ton per hektaar in 1965, tot 28.37 ton per hektaar in 1996 gestyg. Die drastiese styging word toegeskryf aan besproeiing, beter boerderybestuur en navorsing. Opbrengste van 90 ton per hektaar is al in Suid-Afrika behaal. Hoër opbrengste in die Noordelike Halfrond is meer algemeen, as gevolg van beter grond en 'n hoër reënval (Steyn, 1999).

Aartappels word gewoonlik vanaf saadaartappels (moere van 30 tot 55 mm in deursnee) voortgeplant. Die gemiddelde hoeveelheid moere benodig om 'n hektaar te plant is 3 tot 3.5 ton. Saadaartappels is swaar en beslaan groot volumes wat dit moeilik en duur maak vir verpakking, vervoer, opberging en verspreiding.

Die opeenvolgende vermeerderings van saadaartappels in grond vergroot die risiko van infeksie en die opbou van bakterië, swamme, nematodes en virusse (Ahloowalia, 1999). Saadaartappels word dus slegs in areas vry van insek-vektore en virusse soos PVA, PVX, PVY en PSTV vermeerder. Selfs in hierdie areas moet daar herhaaldelike bespuitings teen insek-vektore toegepas word en verskillende lande word vir 'n gesonde wisselboustelsel benodig.

In Suid-Afrika is aartappelmoere tradisioneel geproduseer deur klonale seleksie van gewenste plante op die land, gevolg deur 6 tot 10 landvermeerderings voordat dit die eindverbruiker van gesertifiseerde saad bereik (Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994). Die proses behels die selektering van moedermateriaal vanaf 'n oënskynlik gesonde plant. Die materiaal word dan vermeerder waar die klimaat ongunstig is vir virus-infeksies soos in winderige kusstreke, verkieslik by 'n hoë hoogte bo seevlak. 'n Veilige afstand vanaf die naaste kommersiële produksiegebiede is nodig omdat dit gewoonlik 'n hoë besmettingsrisiko inhou (Rolot & Seutin, 1999). Streng inspeksies word deur die groeiperiode gehou en enige plant wat tekens van besmetting toon moet meganies verwyder word. Aan die einde van die groeiseisoen word die halms doodgespuit om infeksie vanaf die loof na die knolle te voorkom.

Die ontwikkeling van weefselkultuurtegnieke het dit moontlik gemaak om voortplantingsmateriaal van virusbesmetting te suiwer en *in vitro* te vermeerder (Hammes et al., 1994). Sulke voortplantingsmateriaal behoort vry te wees van bakteriële en virusse en die opbrengs wat dit lewer behoort dus ook “skoon” te wees, mits geen eksterne besmetting toegelaat is nie.

Miniknolproduksie is algemeen bekend maar dit is 'n duur produksieproses. As die opbrengs per plant kan verhoog, sal die eenheidskoste daal, wat sal beteken dat meer produsente toegang tot hoë kwaliteit voortplantingsmateriaal sal kry. Dit sal nie veel help om produksiekoste te beperk deur op insette te besnoei nie, weens die intensiewe aard van die bedryf wat aan streng beheermaatreëls gekoppel is. Kwaliteit is van groot belang en daar kan dus nie beperkings op voeding en klimaatsbeheer wees nie. Die gemiddelde opbrengs van miniknolle is tussen 5 en 8 knolle per plant. As die produksie per plant met dieselfde insette verhoog kan word, sal daar meer hoë kwaliteit voortplantingsmateriaal teen bekostigbare pryse beskikbaar wees. Die doel van hierdie ondersoek is om tegnieke te evalueer waarmee hoër knolopbrengste van goeie kwaliteit, koste-doeltreffend geproduseer kan word.

Literatuurverwysings

AHLOOWALIA, B.S., 1999. Production of mini-seed tubers using a modular system of plant micropropagation. *Potato Res.* 42, 569-575.

HAMMES, P.S., BEYERS, E.A., VAN DER WALT, K. & NORTJÉ, P.F., 1994. Moontlike rol van minitubers in die Suid-Afrikaanse aartappelbedryf. *Toegepaste Plantwetenskap.* 8(2), 67-71.

ROLOT, J.L. & SEUTIN, H., 1999. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. *Potato Res.* 42, 457-469.

STEYN, P.F., 1999. Die herkoms en groeistadiums van die aartappelplant. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 2-6.

TIBBITTS, T.W. & WHEELER, R.M., 1987. Utilization of potatoes in bioregenerative life support systems. *Adv. Space Res.* 7, 115-122.

ULRICH, A., 1993. Potato. In: W. F. Bennett (ed.). Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants. The American Phytopathological Society, Minnesota. pp 149-156.

HOOFSTUK 2

Literatuuroorsig: Faktore en groeistowwe wat knolinisiasie en beïnvloed

1. Verskillende groeistadiums

1.1. Spruitontwikkeling

Spruite sal slegs vorm as die dormansie van die knolle gebreek word. Die knolle benodig gewoonlik 'n rusperiode wat wissel tussen die verskillende kultivars. Sodra die dormansie gebreek is na 'n voldoende rusperiode ontwikkel die ogies op die moere om spruite te vorm (Steyn, 1999).

Spruitvorming word bevorder deur donker, warm en vogtige toestande. As voldoende spruite gevorm het is die moere gereed om geplant te word. Die spruite groei na die lig toe om stamme in die vegetatiewe stadium te vorm. Wortelontwikkeling vind alreeds plaas, maar vir die eerste tydperk voed die plant bykans uitsluitlik op die stysel in die moeder knol. Daar is gewoonlik genoeg stysel in 'n moer om groei vir ongeveer 30 dae te onderhou (Steyn, 1999). Vir die rede sal gesonde moere sterker en vinnig groeiende plante te voorskyn bring. 'n Hoër opkoms persentasie sal ook verseker word.

Die tempo waarteen spruite groei is laer by laer temperature. Grondtemperature onder 15°C is ongewens omdat opkoms vertraag word en die plante dan meer vatbaar vir siektes is (Steyn, 1999). Wortels begin aan die basis van die spruite ontwikkel. Die jong plant word deur die wortels sowel as die moederknol gevoed. Stelselmatig neem die wortels oor en sodra funksionele blare vorm kan fotosintese geskied. 'n Aartappelplant se stam kan ook fotosinteer.

1.2. Vegetatiewe groei

Die knoppe op die stingels ontwikkel sytakke waarop blare vorm. Die blare van die aartappelplant is geveer en het klein blaartjies tussen die primêre blare. Daar is variasie wat die hoeveelheid, grootte en kleur aan betref (Howard, 1970). Die blaarvorm kan ook verander as gevolg van daglengte en temperatuur (Steward, 1981). Die blare begin om stralingsenergie deur middel van fotosintese om te skakel vir die plant in bruikbare energie. Die moeder sal nog steeds energie verskaf, maar soos die plant groei, sal die energiebydrae deur middel van fotosintese al meer word, om uiteindelik die enigste bron van energie te wees. Ongeveer 10-15 dae na opkoms behoort die plant genoeg energie te produseer om in al sy behoeftes te voorsien. Stolons ontwikkel vanuit knoppe op die ondergrondse stingels. Hierdie stadium kan duur vanaf opkoms tot knolinisasie begin (Steyn, 1999).

Stolons is laterale stingels, gewoonlik afkomstig van die mees basale knoop wat onder die grond geleë is. Die stolons het verlengde internodes, met 'n kromming op die punt van die stolon. Knolontwikkeling vind hier plaas. Booth (1963) het opgemerk dat die kromming van die stolon veroorsaak word deur sellengtes wat verskil aan die twee kante. Die aantal stolons en stolon lengte word beïnvloed deur die vlak van nutriente (Lovell & Booth, 1969). Vogtige en donker omgewings bevoordeel ook stolonontwikkeling.

Die vegetatiewe groei van aartappels is optimaal by 25°C (Steyn, 1999). Daar is gevind dat by blootstelling aan hoë temperatuur stingingels uit bykans alle blaaroksels ontwikkel het. Ewing en Struik (1992) het gevind dat beskaduwing geen effek het op die aantal stolons nie. Hulle het egter wel bevind dat meganiese weerstand 'n invloed kan hê op die verlengende stolon en knolontwikkeling. Onvoldoende weerstand kan welige stolon groei tot gevolg hê, of sekondêre stolons kan vorm met baie klein knolletjies. Die tempo van bo- en stolongroei word gestrem by laer temperatuur, terwyl die inisiasie van knolle by laer temperatuur bevorder word.

Daar word algemeen aanvaar dat knolinisasie aanleiding gee tot die vloei van assimilate na die knolle wat veroorsaak dat daar 'n afname of stop in groei is van die loof en wortels (Ewing & Struik, 1992). Dit lei daartoe dat vroeë knolinisasie

aanleiding gee tot klein plante met beperkte blaaroppervlaktes en dus 'n laer knol opbrengs. Die ideaal is om die plant vegetatief te laat groei totdat daar 'n voldoende fabriek (blaaroppervlak) gevorm is. Die plant dan te laat oorskakel in 'n reprodktiewe fase, waar fotosintate hoofsaaklik na die knolle getranslokeer word. Alhoewel dit baie moeilik is om in die praktyk te doen, kan die fotoperiode (dagliglengte) van die omgewing in ag geneem word om planttyd te manipuleer om optimale opbrengste te lewer.

1.3. Knolinisiasie

Knolinisiasie in aartappels is 'n komplekse proses waartydens die ondergrondse stolon ('n gemodifiseerde stam) differensieer om 'n gespesialiseerde stoororgaan, of te wel 'n knol te vorm. Die proses word gekarakteriseer deur betekenisvolle anatomiese,- hormoon- en biochemiese veranderinge (Sharma, Kaur & Gupta, 1998).

Die eerste knolle ontwikkel op die laagste stolons en is gewoonlik dominant teenoor die knolle wat later gevorm word (Plaisted, 1957). Die eerste 10 dae van knol vergroting, is as gevolg van sel vergroting in die korteks, nie selverdeling nie. Daarna vind die meeste vergroting plaas as gevolg van selverdeling (Peterson & Barker, 1979).

Daar is baie bekende en ook onbekende faktore wat knolinisiasie beïnvloed. Die belangrikste is egter stikstofvlakke, temperatuur en dagliglengte sowel as ligintensiteit (Jackson, 1999). Enkel faktore het 'n baie klein invloed op die tyd en duurre van knolinisiasie. Slegs in ekstreme omstandighede kan een van die faktore 'n betekenisvolle verskil maak (O'Brien, Allen & Firman, 1998). 'n Kombinasie van die faktore reguleer knolinisiasie. Daar is ook groot verskille in knolinisiasie tussen verskillende kultivars wat dit baie moeilik maak om konkrete gevolgtrekkings te maak.

Normaalweg begin knolle inisieer sodra daar funksionele blare vorm. Inisiasie is normaalweg 2 tot 6 weke na opkoms voltooi (Sale, 1976). O'Brien, Allen en Firman (1998) het egter in hul proef gevind dat knolinisiasie 'n week na opkoms gestop het, moontlik veroorsaak deur die kultivar of omgewingstoestande. Hulle het ook gevind

dat inisiasie vinniger plaasvind in warm, helder sonskynweer, terwyl in koeler bewolkte weer dit langer duur. Sekondêre stolons vorm ook knolle, maar maak 'n klein persentasie van die totale oes uit (Ewing & Struik, 1992).

1.3.1. Fotoperiode

Fotoperiode het 'n groot invloed op die tyd van inisiasie, sowel as die hoeveelheid knolle gevorm. Daar is konsensus in die literatuur dat inisiasie vroeër geskied in kort dae as lang dae (Ewing & Struik, 1992). In gekontroleerde omgewings is bewys dat veral hoë temperatuur en lang dae knolinisiasie inhibeer. Dit is egter belangrik om te onthou dat verskillende aartappel kultivars nie almal ewe sensitief vir veranderinge in fotoperiode is nie.

1.3.2. Irradiasie

Lae vlakke van radiasie kan knolinisiasie vertraag. Dit kan wees dat die plant nie genoeg fotosinteseer om genoegsame koolhidrate te produseer vir knol produksie nie. Menzel (1985) het bewys dat by 'n lae temperatuur en lae radiasie daar nie noemenswaardig minder knolle inisieer nie, maar wel by hoë temperatuur en lae radiasie vlakke, waar knolinisiasie grootliks geïnhibeer is.

1.3.3. Temperatuur

Volgens Moorby en Milthorpe (Soos aangehaal deur O'Brien, Allen & Firman, 1998) is die optimum temperatuur vir knolinisiasie in die omgewing van 10-17 °C. Daar word aanvaar dat knolinisiasie geïnhibeer word bo 'n gemiddelde daaglikse temperatuur van 30°C. Daar is ook gevind dat hittestremming knolontwikkeling benadeel, behalwe waar dit plaasvind voor knolinisiasie. Slater (1968) beweer dat nag- en grondtemperatuur 'n groot rol speel in knolinisiasie. 'n Gemiddelde nagtemperatuur tussen 12 en 15°C word aanvaar as optimum. Volgens Gregory (Soos aangehaal deur O'Brien, Allen & Firman, 1998) sal knolinisiasie by 'n gemiddelde nag grond temperatuur van hoër as 24°C stop. 'n Studie by Cambridge het getoon dat alhoewel veranderinge in temperatuur nie die begin van knolinisiasie beïnvloed nie,

daar wel by laer temperature ($< 15^{\circ}\text{C}$) 'n verlenging in die duurt van inisiasie kan plaasvind wat aanleiding mag gee tot groter opbrengste. Weereens moet in gedagte gehou word dat verskillende kultivars verskillend reageer op verskillende temperature.

1.3.4. Bemesting

Die algemene idee is dat hoë stikstofpeile knolinisiasie vertraag (Ewing & Struik, 1992). Hoofstuk 3 word verskillende elemente se invloed op groei en knolinisiasie in diepte bespreek.

1.3.5. Fisiologiese ouderdom van die saadstuk

Hoe fisiologies ouer die moeder is, hoe beter sal oë met planting ontwikkel wees, wat tot vinniger opkoms van die plant en gevolglik vinniger knolinisiasie mag aanleiding gee. Hier speel die verskille in kultivars ook 'n groot rol. Party kultivars het 'n rusperiode nodig voordat spruite vorm, terwyl ander vinniger is. In sekere omstandighede is daar gevind dat knolinisiasie by fisiologies ouer moere langer duur (O'Brien, Allen & Firman, 1998).

1.4. Knolvulling

Tydens knolvulling vergroot die knolle en word swaarder. Die knolle word nou die metabolisme sinkput van die plant, deurdat die meeste van die plant se koolhidrate na die knolle getranslokeer word. Die selle in die knolle kan tot 18 keer hul normale grootte bereik, tydens die akkumulering van water en stysel (Steyn, 1999).

Sukrose vanaf die blare word in die knolle na stysel omgesit en gestoor. Na die einde van die groeistadium sal die skil van die knolle sterker begin ontwikkel. Onder hoë grondvogtoestande kan die lentiselle vergroot om waterpyses te vorm, wat dit meer vatbaar maak vir infeksies.

Temperature in die knolvullingstadium is nie so krities nie, maar temperature bo 32°C kan tot skade aan die knolle lei (Steyn, 1999). Sekondêre groei is 'n algemene verskynsel waar die grondtemperatuur te hoog is. Lae en onegalige grondvog in die knolvullingstadium kan ernstige verlaging in opbrengs en/of misvorming tot gevolg hê. Hoë temperature sal egter tot laer droëmaterialeinhoud van knolle en ook laer opbrengste lei.

1.5. Volwassenheid

In hierdie stadium word die knolle deur die plant vir hantering voorberei. Drie belangrike veranderinge vind plaas: Die knolskil verdik en raak stewig vir maksimum beskerming, die droëmassa in die knolle bereik maksimum vlakke, en die plant gaan dood (Steyn, 1999). Die knolle se kwaliteit bereik op hierdie stadium 'n optimum en die huiddikte en –sterkte verhoog sodat die produsent die knolle kan hanteer.

2. Hormone

2.1. Effek van hormone op verskillende plantstadiums

'n Hormoon is 'n organiese verbinding wat gesintetiseer word in 'n deel van 'n plant en dan getranslokeer word na 'n ander deel, waar dit in lae konsentrasies fisiologiese veranderinge veroorsaak (Salisbury & Ross, 1992).

2.1.1. Stolon inisiasie

By aartappels wat vanaf moere groei, word stolons op die ondergrondse nodes van die spruit geïnisieer (Booth soos aangehaal deur Vreugdenhil & Struik, 1989). Inisiasie begin by die node naaste aan die moederknol. Stolon vorming word deur donkerte en 'n relatiewe hoë humiditeit bevorder (Kumar en Wareing, 1972). Stolon inisiasie kan geskied voordat daar blare vorm, wat beteken dat die blare nie 'n rol speel in stolon inisiasie nie. Wat wel waar is, is dat die aantal stolons afhang van die ligintensiteit en fotoperiode (Struik & Van Voorst, 1986).

Sitokiniene word in die wortel gesintetiseer, maar die werking daarvan word deur ouksiene vanaf die apikale meristeem onderdruk. Sitokiniene wat op 'n stolon punt gespuit word, verander dit in 'n negatiewe geotropiese loot (Kumar & Wareing, 1972). Dit sal ook van nature gebeur as die hoof loot afgebreek word of as die wortel medium se temperatuur verhoog word. 'n Verklaring kan wees dat die aktiwiteit van die wortels verhoog is en dus meer sitokinien geproduseer is.

Stolon vorming word geassosieer met hoë vlakke van gibberelliensuur in die plant (Smith & Rappaport, 1969). Toediening daarvan bevorder ook stolon vorming.

Vir 'n rustende knop om uit te groei as 'n stolon moet dit onderwerp word aan apikale dominansie, sodat dit genoeg gibberelliensuur kry maar nie sitokiniene nie. Daar word beweer dat die aanvanklike voorsiening van gibberelliensuur deur die moeder knol verskaf word. Mettertyd sal die loot die moeder knol vervang. Die vlak van gibberelliensuur in die loot sal afhang van die omgewingstoestande. In die vroeë stadium van plant ontwikkeling is daar min wortels wat dus min sitokinien produseer. Later sal die sitokinien tot ouksien verhouding laag bly as gevolg van die ouksien produksie van die apikale loot (Vreugdenhil & Struik, 1989).

Alhoewel daar verskeie hormone betrokke is by knolinisasie, beweer sekere navorsers dat 'n knolinisasiehormoon gesintetiseer of geaktiveer word in die blare onder knolinisasie kondisies. Die "hormoon" word dan gestranslokeer na die stolon area waar knolinisasie dan plaasvind (Madec soos aangehaal deur Escalante & Langille, 1998). Daar is egter geen konkrete bewyse nie.

2.1.2. Stolon groei

Horisontale groei van die stolon sal aanhou solank die omstandighede ongunstig is vir knolinisasie. Lang dae sal stolon verlenging bevoordeel, teenoor kort dae wat dit sal beëindig (Chapman soos aangehaal deur Vreugdenhil & Struik, 1989). Railton en Wareing (1973) het bewys dat die vlak van gibberelliensuur in die plant afneem van langdag toestande na kortdag toestande. Daglengte het dus 'n invloed op die hormoonbalans van die aartappel plant. Daar is ook gevind dat gibberelliensuur wat op

die blare van plante gespuit is langer en dikker stolons veroorsaak het, onder kort en lang dag toestande (Hammes & Nel 1975).

Die graad van vertakking van stolons kan baie verskil. Dit word gestimuleer deur lang dae, hoë temperature en hoë gibberilliensuur vlakke, dieselfde faktore wat stolon verlenging stimuleer (Vreugdenhil & Struik, 1989).

2.1.3. Beëindiging van stolon groei

Soos reeds gemeld sal kort dag toestande lae vlakke van gibberilliensuur induseer wat stolon groei sal beëindig. Die gevolg is dat verlenging sal stop, sodra die gibberilliensuur vlak laag genoeg is. Etileen mag ook 'n effek op stolon groei hê. Inhibisie van loot verlenging is 'n welbekende eienskap van etileen (Goeschl & Kays soos aangehaal deur Vreugdenhil & Struik, 1989). Etileen produksie in plantselle verhoog met verskeie tipes van stres. Dit is dus heel moontlik dat stolons etileen produseer wanneer hulle meganiese weerstand in die grond ervaar. Lugt, Bodlaender & Goodijk (soos aangehaal deur Vreugdenhil & Struik, 1989) het hewige stolon groei gevind waar die stolon omgewing nie voldoende weerstand gebied het nie. Gray (1973) het gevind dat die verwydering van meganiese weerstand in 'n vroeë stadium van plant ontwikkeling aanleiding gee tot sekondêre stolon groei met baie klein knolletjies wat vorm.

2.1.4. Knolinisiasie

Wanneer toestande gunstig is sal stolons ophou groei en begin om knolle te vorm. Knolinisiasie word voorkom, geïnhibeer of vertraag deur gibberilliensuur (Hammes & Nel 1975). Onder kort dag toestande word gibberilliensuur vlakke verlaag, stolon groei stop, en knolinisiasie word gestimuleer.

Etileen kan ook 'n positiewe effek op knolinisiasie hê. Vorige outeurs het egter gevind dat die knolle wat gevorm word van etileen behandelde plante nie stysel bevat nie. Die oorsaak is heelwaarskynlik dat etileen 'n dubbele aksie het. Dit inhibeer die verlenging van die stolon en bevorder dus knolinisiasie, maar inhibeer weer die knolinisiasie proses self. 'n Moontlike verklaring vir wat in die natuur gebeur is dat

etileen vorm as gevolg van meganiese weerstand wat die stolon ondervind. Die etileen laat die stolon ophou verleng wat 'n geleentheid vir knolinisasie bied. Die meganiese weerstand stop en dus ook etileen produksie wat knolinisasie sonder inhibisie toelaat (Vreugdenhil & Struik, 1989).

Absisiensuur (ABA) bevorder inisasie van knolle, daarteenoor het gibberilliensuur (GA) 'n negatiewe effek op knolinisasie. Die ABA/GA verhouding beheer knolinisasie tot 'n groot mate. 'n Hoë verhouding bevorder dus knolinisasie terwyl 'n lae verhouding dit inhibeer. Deur die knolle te behandel met "chlorocholine chloride" (CCC) wat GA inhibeer, kan knolinisasie bevorder word (Mengel & Kirkby, 1987). Stikstof het 'n groot invloed op die ABA/GA verhouding. 'n Aanhoudende stikstof voorraad veroorsaak 'n relatiewe lae ABA/GA verhouding, wat knolvulling bevorder en inisasie inhibeer. Volgens die literatuur sal knolinisasie weer plaasvind as die stikstof bron uitgeput raak. Sekondêregroei vind plaas of 'n nuwe stolon ontwikkel uit 'n reeds gevormde knol.

Sitokiniene kan 'n bydrae lewer om knolinisasie te bevorder, maar dit stimuleer ook stolons om bogrondse lote te maak. Knolinisasie word heelwaarskynlik deur 'n kombinasie van verskillende hormone bewerkstellig.

2.2. Gibberilliene en anti-gibberilliene

2.2.1. Gibberilliensuur

Gibberilliensuur is een van die hoof reguleerders van plant ontwikkeling en groei. Gibberilliensuur verminder die knol gewig en die knol tot loot verhouding. Dit vergroot egter die plant hoogte en die aantal node, sowel as die stimulasie van halm groei en stolon vorming (Menzel soos aangehaal deur Sharma, Kaur & Gupta, 1998).

Die effek van 'n gibberilliensuur toediening op aartappels is dat dit knolinisasie sal vertraag. Knolle wat alreeds gevorm is sal stop om verder te groei en stolons sal daaruit begin groei (Lovell & Booth soos aangehaal deur Sharma, Kaur & Gupta, 1998). Die knolle wat wel vorm het morfologiese defekte. Hulle is abnormaal verleng en gedraai.

2.2.2. Anti-gibbereliene

Sekere anti-gibbereliene of groeiremsowwe (Phosphon D, Amo-1618, CCC of Cycocel, ancymidol en paclobutrazol) inhibeer stamverlenging. Hul werking behels die onderdrukking van gibbereliensuursintese (Salisbury & Ross, 1992). CCC bevorder fotosintese by kleingrane deurdat daar 'n verhoging in chlorofiel, ribulose fosfaat karboksilase, blaardikte en graanvullingsperiode voorkom (Stahli, Perrissin-Tabert, Blouet & Guckert soos aangehaal deur Sharma, Kaur & Gupta, 1998). As gevolg van die inhibisie van gibbereliensuursintese word knolinisiasie bevorder. Plante wat behandel is met CCC se knolle vorm op kort stolons. Daar is 'n verhoging in die aantal knolle en 'n verhoging in die knolle se varsmassa per plant. CCC behandelde plante het medium grootte, ovaalvormige aartappels. Die knolle toon ook 'n verminderde suikrose inhoud, maar 'n hoër stysel inhoud wat die prosseseringskwaliteite van die knolle verbeter (Sowokinos, 1973).

Literatuurverwysings

BOOTH, A., 1963. The role of growth substances in the development of stolons. In J.D. Ivins & F.L. Milthorp (eds.). *The Growth of the Potato*. Butterworths, Londen. pp 99-113.

ESCALANTE, B.Z. & LANGILLE, A.R., 1998. Photoperiod, temperature, gibberellin, and an anti-gibberellin affect tuberization of potato stem segments in vitro. *Hort. Science*. 33, 701-703.

EWING, E.E. & STRUIK, P.C., 1992. Tuber formation in potato: Induction, initiation and growth. *Hort. Rev.* 14, 89-198.

GRAY, D., 1973. The growth of individual tubers. *Potato Res.* 16, 80-84.

HAMMES, P.S. & NEL, P.C., 1975. Control mechanisms in the tuberization process. *Potato Res.* 18, 262-272.

HOWARD, H.W., 1970. The eye-excision method of investigating potato chimaras. *Potato Res.* 3, 220-222.

JACKSON, S.D., 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Physiology*. 119, 1-8.

KUMAR, D. & WAREING, P.F., 1972. Factors controlling stolon development in the potato plant. *New Phytol.* 71, 639-648.

LOVELL, P.H. & BOOTH, A., 1969. Stolon initiation and development in *Solanum tuberosum* L. *New Phytol.* 68, 1175-1185.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A., 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Switzerland. pp 262-267.

MENZEL, C.M., 1985. Tuberization in potato at high temperatures: Interaction between temperature and irradiance. *Annals of Botany*. 55, 35-39.

O'BRIEN, P.J., ALLEN, E.J. & FIRMAN, D.M., 1998. A review of some studies into the tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum*) crops. *J. Agricultural Science, Cambridge*. 130, 251 – 270.

PETERSON, R.L. & BARKER, W.G., 1979. Early tuber development from explanted stolon nodes of *Solanum tuberosum* var. Kennebec. *Bot. Gaz.* 140, 398-406.

PLAISTED, P.H., 1957. Growth of the potato tuber. *Plant Physiol.* 32, 445-453.

RAILTON, I.D. & WAREING, P.F., 1973. Effects of daylength on endogenous gibberellins in leaves of potatoes. *Physiol. Plant.* 28, 88-94.

SALE, P.J.M., 1976. Effect of shading at different times on the growth and yield of the potato. *Australian J. of Agricultural Research*. 27, 557-566.

SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W., 1992. Plant physiology. Wadsworth publishing company, California. pp 357-407.

SHARMA, N., KAUR, N. & GUPTA, A.K., 1998. Effects of gibberellic acid and chlorocholine chloride on tuberisation and growth of potato (*Solanum tuberosum* L). *J. Sci Food Agric.* 78, 466-470.

SLATER, J.W., 1968. The effect of night temperature on tuber initiation of the potato. *European Potato J.* 11, 14-22.

SMITH, O.E. & RAPPAPORT, L., 1969. Gibberellins, inhibitors and tuber formation in the potato. *Am. Potato J.* 46, 185-191.

SOWOKINOS, J.R., 1973. Maturation of *Solanum tuberosum*. Comparative sucrose and sucrose synthetase levels between several good and poor processing varieties. *Am. Potato J.* 50, 234-247.

STEWART, F.C., 1981. Growth, form and composition of potato plants as affected by environment. *Ann. Bot.* 48, 1-45.

STEYN, P.F., 1999. Die herkoms en groeistadiums van die aartappelplant. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 2-6.

STRUIK, P.C. & VAN VOORST, G., 1986. Effects of drought on the initiation, yield and size distribution of tubers. *Potato Res.* 29, 487-500.

VREUGDENHIL, D. & STRUIK, P.C., 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). *Physiol. Plant.* 75, 525-531.

HOOFTUK 3

Literatuuroorsig: Die invloed van plantvoeding op groei en knolinisasie

1. Funksies en aard van voedingselemente

Verskillende voedingselemente speel 'n rol by knolvorming, maar dit is bykans onmoontlik om eksakte riglyne neer te lê. Daar is verskeie ander faktore wat die uitwerking daarvan mag beïnvloed, soos die metode van toediening, die tyd van toediening, grondeienskappe, besproeiing of reënval en opbrengspotensiaal. Nog 'n veranderlike faktor is dat verskillende kultivars verskillend mag reageer.

Waar 'n bemestingsprogram vir aartappels beplan word is dit belangrik om presies te weet wat in die grond beskikbaar is en dan die addisionele voeding te gee. Dit is dus baie belangrik om grondmonsters te neem waar aanplantings gedoen gaan word. 'n Ander faktor om in gedagte te hou is dat die aartappelplant 'n swak ontwikkelde wortelstelsel het. Kunsmis word dus hoofsaaklik in die plantvoor met planttyd toegedien. Dit moet verkieslik by of onder die moer geplaas word.

Plantvoedingstowwe het 'n indirekte effek op die opbrengs van aartappels. Die meeste voedingselemente vergroot gewoonlik die blaar oppervlakte asook die chlorofiel konsentrasie in blare en veroorsaak dat die plant beter fotosinteer. Die gevolg is dat die plant meer koolhidrate produseer wat dan in knolle geberg kan word.

1.1. Stikstof (N)

Stikstof is die voedingselement wat teen die grootste hoeveelheid deur die plant benodig word. Tekorte sal in alle waarskynlikheid tot opbrengsverliese lei. Te veel stikstof kan egter ook 'n ongewenste uitwerking hê. Die plant mag oormatig vegetatief groei, sonder om na 'n knolinisasie fase oor te skakel (Steyn & Prinsloo, 1999; Westermann, James, Tindall & Hurst, 1994). Daar kan ook onnodige logging voorkom wat weens ekologiese redes ongewens is (Errebhi, Rosen, Gupta & Birong, 1998).

Eerstens word stikstoftoedienings bepaal deur die hoeveelheid stikstof oorgedra vanaf die vorige gewas, gewasreste wat agtergebly het in die grond, grondtipe en logging as gevolg van besproeiing of reënval (Mcdole & Westermann, 1998). Hierdie navorsers meld dat ander faktore soos aanplantingstyd, asook weersomstandighede ook 'n invloed kan hê. Die gevolg is dus dat die optimum toediening van jaar tot jaar verskil en kan slegs in retrospek bepaal word.

Voor-plant toediening van stikstof stimuleer vegetatiewe groei, asook fotosintetiese aktiwiteite wat knolgroei en rypheid mag vertraag (Westermann & Kleinkopf, 1985). Waar oormatige vlakke van stikstof voor knolinisiasie in die grond voorkom kan knolgroei vertraag word wat laer opbrengste en laer soortlike gewig tot gevolg het (Johnson, Seeney & Williams, 1996). Soortlike gewig is 'n belangrike komponent van knolkwaliteit, veral by aartappels wat vir prosesering benodig word (Jenkins & Nelson, 1992).

Oormatige stikstof, toegedien in die laat somer, kan die volwassenheid van die knolle beïnvloed, wat skilset mag vertraag. Dit kan die knolle se kwaliteit en houvermoë belemmer (Mcdole & Westermann, 1998; Johnson, Seeney & Williams, 1996). By die toediening van stikstof stel Harris (1992) voor dat die stikstoftoediening oor die groeiseisoen van die plant versprei moet word. Die rede daarvoor is dat die plant se wortelstelsel swak ontwikkel is aan die begin van die groeiperiode. Die plant kan dus nie al die beskikbare stikstof opneem nie, logging vind dus plaas.

Millard en Marshall (soos aangehaal deur Harris, 1992) het aangetoon dat die verhoging in produksie as gevolg van verhoogde stikstofpeile die gevolg van verhoogde opvangs van radiasie is en nie weens beter omskakeling van radiasie na droë materiaal nie. Die verhoging in opbrengs was hoofsaaklik die gevolg van groter knolle en nie weens meer knolle wat vorm nie. Nog 'n voordeel van stikstof bemesting is dat dit die plant langer aan die lewe hou wat sodoende die groeiseisoen verleng. Daar is dus meer kans vir die uitsetting van knolle (Jenkins & Nelson, 1992). In teenstelling hiermee het Errebhi, Rosen, Gupta en Birong (1998) gevind dat wanneer groot hoeveelhede stikstof tydens planting toegedien is, die totale opbrengs nie verskil nie maar dat daar 'n groter hoeveelheid klein knolletjies met 'n afname in

groter knolle voorkom. Hoë stikstof toedienings tydens planting vertraag knolvulling en verhoog dus die inisiasie van meer knolle.

Die algemene opvatting is dat hoë stikstofpeile inisiasie vertraag (Ewing & Struik, 1992). Hierdie effek word vererger deur hoë temperature en lang dae. Krauss (soos aangehaal deur Jackson, 1999) het gevind dat daar geen inisiasie plaasvind waar stikstof vrylik beskikbaar is nie maar dat stolons in 'n hidroponika oplossing aanhou verleng, alhoewel die omstandighede gunstig was vir knolinisiasie (kort dae en lae temperature). Hy het aangetoon dat verskillende stikstof bronne (ammonium en nitraat) wat op die blare van die plant toegedien is, nie knolinisiasie geïnhipeer het nie. Die relatief beperkte opname van stikstof deur blare moet egter in gedagte gehou word. Waar stikstof tydelik uit die oplossing onttrek is, het knolinisiasie plaasgevind, asook 'n staking van wortel- en loofgroei.

Die effek van stikstof op knolopbrengs kan tweërlei wees. Eerstens 'n positiewe effek waar die blaardak vergroot word en sodoende die onderskepping van radiasie en die omvang van fotosintese vergroot. Tweedens 'n negatiewe effek waar fotosintate aangewend word vir vegetatiewe groei en nie reprodutiewe groei nie. Knolinisiasie mag wel geskied maar knolvulling word vertraag.

Neeteson en Wadman (soos aangehaal deur Harris, 1992) het gevind dat te veel stikstof nie 'n noemenswaardige verlaging in opbrengs teweegbring nie maar sekondêre groei by knolle kan veroorsaak. Hoë peile van stikstof bemesting raak ook 'n probleem vir ontwikkelde lande waar logging en kontaminasie van grondwater 'n werklikheid is (Johnson, Seeney & Williams, 1996).

1.2. Fosfor (P)

Fosfor is noodsaaklik vir alle plantselle om te kan funksioneer. Fosfor sal vroeë wortelontwikkeling stimuleer, asook die plant se waterverbruik meer doeltreffend maak. Tekorte aan fosfor kan veroorsaak dat knolle 'n swak hou vermoë ontwikkel (Steyn & Prinsloo, 1999).

Aartappelplante benodig fosfor vir groei. Fosfaat is bykans onbeweeglik in die grond en word dus vir die beste resultate voor plant in die saadbed ingewerk (Mcdole & Westermann, 1998). Waar grondfosfaat laag is, is groot verhogings in opbrengs getoon waar daar met fosfaat bemes is. Die resultate kon uitsluitlik aan 'n fosfaat reaksie toegeskryf word. As die grond meer as 15 dele per miljoen fosfor bevat, is fosfaat bemesting volgens Recke, Schnier, Nabwile en Qureshi (1997) onnodig. Te veel fosfaat sal egter nie 'n negatiewe effek op opbrengs hê nie.

Freeman, Franz en de Jong (1998) het by toedingspeile van 0, 275 en 375 kg fosfor ha⁻¹, onderskeidelik 28, 43 en 44 t ha⁻¹ opbrengste gekry. Hulle het ook ondervind dat die aantal knolle per plant met die verhoogde fosfor toedienings vermeerder het.

Fosfor vergroot die blaar area indeks in die vroeë stadium van groei, maar teen die einde van die groeiseisoen laat dit volgens Harris (1992) die blare vinniger doodgaan. Hy het ook gevind dat die verhoging in opbrengs as gevolg van fosfor bemesting hoofsaaklik toegeskryf kan word aan 'n verhoging in die aantal knolle per plant, maar nie 'n vergroting van die knolle nie.

1.3. Kalium (K)

Styselneerlegging sal bevorder word deur toeganklike kalium, asook sekere reaksies in die fotosintese proses. Te veel kalium kan 'n swak knolkwaliteit tot gevolg hê (Steyn & Prinsloo, 1999). Aartappels benodig relatiewe hoë vlakke van toeganklike kalium. Volgens Mcdole en Westermann (1998) sal vermenging van die kunsmis in die saadbed beter resultate toon, as gevolg van die relatief onbeweegbaarheid van kalium in die grond.

Kalium bemesting kan opbrengs verhoog, veral waar die grond kalium laag is. Opbrengs verhogings is hoofsaaklik die gevolg van groter knolle wat vorm (Panique, Kelling, Schulte, Hero, Stevenson & James, 1997). Opbrengs verlagings kan met kalium oorbemesting verwag word.

Kalium kan die soortlike gewig van knolle verminder wat veral vir die prosesseringsbedryf ongewens is. Daar is gevind dat kaliumchloried (KCl) die soortlike gewig meer verlaag as kaliumsulfaat (K_2SO_4). Daar moet dus gewaak word teen oorbemesting met kalium (Roberts & Mcdole soos aangehaal deur Westermann, James, Tindall & Hurst, 1994; Panique, Kelling, Schulte, Hero, Stevenson & James, 1997; Mcdole & Westermann, 1998).

Header (soos aangehaal deur Westermann, James, Tindall & Hurst, 1994) het gevind dat plante wat met K_2SO_4 bemes word, bykans twee keer meer fotosintaat van die blare en stamme na die knolle translokeer as in die geval van KCl kunsmis waar 'n hoër loot tot knol verhouding ondervind is. Beringer (soos aangehaal deur Westermann, James, Tindall & Hurst, 1994) het ook ondervind dat lootlengte verhoog en knolontwikkeling vertraag word met KCl bemesting.

Kalium het nie 'n groot effek in die jong stadium van die aartappelplant nie maar vergroot die blaar oppervlak indeks aan die einde van die groeiseisoen. Dit vertraag die blare se val, dit wil sê die plant bly langer lewendig en kan dus langer fotosinteer om sodoende opbrengs te verhoog (Harris, 1992).

1.4. Kalsium (Ca)

Kalsium versterk selwande in knolle wat tot beter kwaliteit en houvermoë aanleiding gee. Die knolle sal ook beter teen siektes bestand wees. McGuire en Kelman (soos aangehaal deur Bartz, Locascio & Weingartner, 1992) het in eksperimente gevind dat die potensiaal vir bakteriese sagtevrot (*Erwinia carotovora*) verminder word deur verhoogde kalsium vlakke in die weefsel. Die kalsium konsentrasie in knolle kan volgens Bartz, Locascio & Weingartner, (1992) vergroot word deur bemesting met $CaSO_4$ of $Ca(NO_3)_2$.

Weens die onbeweeglikheid van kalsium in die plant, is dit baie belangrik dat daar in die omgewing van die knolle opneembare kalsium is. Die knol neem bykans al sy benodigde kalsium self op. Dit is 'n belangrike feit om in gedagte te hou wanneer daar op 'n suiwer hidroponiese manier gewerk word, waar die knolle verkieslik met die voedingsoplossing in aanraking moet kom.

1.5. Mikro elemente

Daar is geen mikro element wat ekonomiese verskille sal teweegbring as dit toegedien word op 'n vrugbare grond met 'n neutrale pH nie. Daar sal egter positiewe resultate gekry word waar tekorte voorkom of waar gronde suur of brak is (Mcdole & Westermann, 1998).

2. Kenmerke van voedingstekorte by aartappels

Aartappels kan groot opbrengste lewer, indien 'n konstante stroom van stikstof sowel as genoegsame fosfaat, kalium, kalsium, magnesium en swawel voorsien word. Mikro elemente soos yster, sink, mangaan, koper, boor en molibdeen word gewoonlik genoegsaam deur die grond verskaf, maar waar tekorte voorkom kan mikro elemente in die organiese of anorganiese vorm toegedien word (Ulrich, 1993).

'n Voedingsgebrek kan geïnduseer word deur siekte, insekte, meganiese beskadiging of klimaatstoestande. Die grond kan dan wel vrugbaar wees maar die plant mag nie in staat wees om die voedingstowwe te gebruik nie. Daar moet op gelet word om die primêre oorsaak te diagnoseer en te behandel, daarna kan gekyk word na plantontledings om voedingstofwanbalanse reg te stel (Mengel & Kirkby, 1987).

2.1. Stikstof

Met die voorkoms van 'n stikstoftekort vergeel die hele plant. Die jong topblare raak kleiner en krul opwaarts. Die ouer blare verkleur verder en mag later doodgaan en afval. Die gevolg is dat daar nie veel bogroei plaasvind waar fotosintate vir die knolle gevorm kan word nie. 'n Skerp daling in produksie kom dus voor (Mengel & Kirkby, 1987).

Die gebrek kan opgehef word deur toediening van ammoniumnitraat of enige ander opneembare stikstof bron. Kleiner maar gereelde toedienings word aanbeveel (Harris, 1992). 'n Tekort sal ontwikkel waar daar minder as 500 dele per miljoen nitraat-stikstof in die blaarstele voorkom (Ulrich, 1993). Volgens Brink (2000) word hierdie hoë vlakke net benodig tot 6 weke na plant.

2.2. Fosfor

'n Fosfortekort is nie maklik waarneembaar nie. Die plante kom dwergagtig voor met 'n donkerder groen kleur as normale plante. By 'n gevorderde fosfortekort sal die blare begin oprol tot so 'n mate dat die grys-groen kleur van die onderste blaaroppervlak sigbaar word (Mengel & Kirkby, 1987).

Fosfortekorte kan geïnduseer word deur relatiewe lae grondtemperatuur, sowel as op suur, kalkagtige gronde of op koalinitiese gronde. Dit sal raadsaam wees om gereeld plantmonsters te laat toets, aangesien die simptome moeilik waarneembaar is (Ulrich, 1993).

2.3. Kalium

Die gebreksimptome as gevolg van 'n kaliumtekort kan eers waargeneem word nadat jong blare ten volle oopgesprei is. Dit het dan 'n glansagtige verskynsel met verrimpeling en verswaring van die blaar. By gevorderde toestande sal blaarskroei voorkom en uiteindelik die verlies van blare. Die jong blare vertoon gewoonlik normaal (Mengel & Kirkby, 1987).

Tekorte kom voor op sanderige leemgronde met 'n lae kation uitruilingsvermoë. Tekorte kan ook voorkom op klei-leemgronde, gronde hoog in uitruilbare magnesium of gronde wat kalium te stadig vrystel tydens die groeiperiode. Tekorte sal voorkom waar daar minder as 2% kalium in blaarstele en 1% in blaarskywe voorkom (Ulrich, 1993).

2.4. Kalsium

Kalsiumtekorte kan waargeneem word op die groeipunte van aartappelplante, sowel as tekens van loofskroei op die jongste en middelste blare. In ernstige gevalle sal die volwasse blare begin oprol met tekens van chlorose en bruin vlekke. Vanwee die eenrigting beweging van kalsium in plante, moet daar 'n aaneenlopende toevoer vir die plant beskikbaar wees (Ulrich, 1993).

Waar gebreke voorkom kan daar eenvoudig kalk toegedien word op suurgronde en gips op neutrale gronde. Tekorte sal voorkom waar die kalsiuminhoud van die blaarstele of blaarskywe laer as 0.15% is (Mengel & Kirkby, 1987).

2.5. Magnesium

Magnesiumtekorte kom op die jong volwasse blare voor. Ligte chlorose met groen bearing en bruin vlekke kan gesien word. Die simptome vererger in die ouer blare. Tekorte sal voorkom waar die magnesiuminhoud van die blaarstele of blaarskywe laer as 0.09% is (Ulrich, 1993).

2.6. Swael

'n Swaeltekort lyk baie dieselfde as 'n stikstoftekort. Die verskil is egter dat die hele plant liggroen raak. By ernstige tekorte sal die blaarskywe op krul en geel raak. 'n Swaeltekort word aangedui waar daar minder as 250 dele per miljoen swael in die blaarskyf is (Ulrich, 1993).

2.7. Molibdeen

'n Molibdeentekort se simptome lyk baie dieselfde as 'n stikstof- en swaeltekort. Daar vind vergeling van die blaarskywe plaas. Daar kan tekorte ontstaan wanneer die blaarskywe minder as 0.15 dele per miljoen molibdeen bevat (Ulrich, 1993).

2.8. Boor

Boortekorte lyk baie soos kalsiumtekorte. Die groeipunte word geaffekteer, sowel as blare wat misvorm word. Lateraan sterf groeipunte af. Die wortels word ook geaffekteer deurdat die wortelpunte opswel en verdonker. Tekorte ontwikkel wanneer blaarskywe minder as 20 dele per miljoen boor bevat (Mengel & Kirkby, 1987).

2.9. Yster

Met ystertekorte begin die jong blare vergeel. Lateraan raak die blare liggeel en 'n vlekagtige, ligbruin nekrose kan selfs voorkom. Ystertekorte sal makliker op kalkagtige gronde voorkom as op suur gronde. Tekorte ontwikkel wanneer blaarskywe minder as 35 dele per miljoen yster bevat (Ulrich, 1993).

2.10. Sink

Sinktekorte kom voor op jong, ontwikkelende blare as 'n chlorose. Mettertyd sal die blare opwaarts draai en die blaarskywe gekelk voorkom. Vlekagtigheid en nekrose neem toe namate die plant groei. Die blaarstele kom ook maklik los van die stam. Sinktekorte sal makliker op suur gronde voorkom as op kalkagtige gronde. Tekorte ontwikkel wanneer blaarskywe minder as 8 tot 20 dele per miljoen sink bevat (Ulrich, 1993).

2.11. Mangaam

Mangaantekorte toon dikwels tekens van vergeling en kelking van die jonger blare. Op 'n meer gevorderde stadium sal donker tot swart spikkels tussen die blare voorkom. Mangaantekorte kan op kalkagtige gronde voorkom, maar nie sommer op suur gronde nie. Tekorte ontwikkel wanneer blaarskywe minder as 25 dele per miljoen mangaan bevat (Ulrich, 1993).

2.12. Koper

Daar vind 'n eweredige liggroen verkleuring van die jong blaarskywe plaas. 'n Definitiewe opwaartse kelking en rol van die nuwe blare kan gesien word. Tekorte ontwikkel wanneer blaarskywe minder as 5 dele per miljoen koper bevat (Ulrich, 1993).

Literatuurverwysings

- BARTZ, J.A., LOCASCIO, S.J. & WEINGARTNER, D.P., 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *Am. potato J.* 69, 39-50.
- BRINK, P.P., 2000. Die waarde van petiooolsap analise in die optimalisering van N-voeding by aartappels in sandgronde. (Ongepubliseerde) MSc-tesis. Universiteit van Stellenbosch.
- ERREBHI, M., ROSEN, C.J., GUPTA, S.C. & BIRONG, D.E., 1998. Potato Yield Response and Nitrate Leaching as Influenced by Nitrogen Management. *Agron. J.* 90, 10-15.
- EWING, E.E. & STRUIK, P.C., 1992. Tuber formation in potato: Induction, initiation and growth. *Hort. Rev.* 14, 89-198.
- FREEMAN, K.L., FRANZ, P.R. & DE JONG, R.W., 1998. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cvv. Russet Burbank and Kennebec) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. *Australian J. of Experimental Agriculture.* 38, 83-93.
- HARRIS, P.M., 1992. Mineral nutrition. In P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop, the scientific basis for improvement.* Chapman and Hall, Londen. pp 162-213.
- JACKSON, S.D., 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Phys.* 119, 1-8.
- JENKINS, P.D. & NELSON, D.G., 1992. Aspects of nitrogen fertilizer rate on tuber dry-matter content of potato cv. Record. *Potato Res.* 35, 127-132.
- JOHNSON, P.A., SEENEY, F. & WILLIAMS, D., 1996. The effect of physiological age and planting date on the response of potatoes to applied nitrogen and on levels of residual nitrogen post-harvest. *Potato Res.* 39, 561-569.

MCDOLE, R.E. & WESTERMANN, G., 1998. Idaho potato fertilizer guide. <http://www.potatoresearch.com>.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A., 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Switzerland. pp 262-267.

PANIQUE, E., KELLING, K.A., SCHULTE, E.E., HERO, D.E., STEVENSON, W.R. & JAMES, R.V., 1997. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction. *Am. potato J.* 74, 379-398.

RECKE, H., SCHNIER, H.F., NABWILE, S. & QURESHI, J.N., 1997. Responses of Irish potatoes to mineral and organic fertilizer in various agro-ecological environments in Kenya. *Expl Agric.* 33, 91-102.

STEYN, J. M. & PRINSLOO, K.P., 1999. Bemesting van aartappels. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 62-67.

ULRICH, A., 1993. Potato. In: W. F. Bennett (ed.). Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants. The American Phytopathological Society, Minnesota. pp 149-156.

WESTERMANN, D.T., JAMES, D.W., TINDALL, T.A. & HURST, R.L., 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. *Am. potato J.* 71, 433-453.

WESTERMANN, D.T. & KLEINKOPF, G.E., 1985. Nitrogen requirements of potatoes. *Agron J.* 77, 616-621.

HOOFSUK 4

Literatuuroorsig: Vermeerdering van saadaartappels.

1. Geskiedenis

Suid-Afrika was totaal afhanklik van ingevoerde moere voor die Tweede Wêreldoorlog. Die meeste van die moere is van die Verenigde Koningryk ingevoer. Die plantmateriaal het vinnig gedegenerer weens virusinfeksies as gevolg van die warm klimaat wat gunstig vir virusvektore is. Moerproduksie in Suid-Afrika het hoofsaaklik ontstaan as gevolg van 'n tekort aan goeie kwaliteit ingevoerde moere.

Van der Plank (soos aangehaal deur Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994) het getoon dat moerproduksie suksesvol in die droë westelike dele van die land kan geskied. Een van die redes hiervoor was dat *Myzus persicae*, 'n vektor vir virusse, nie daar voorkom nie. Die gevolg was die Vaalharts-Rietrivier-moerskema wat in 1941-42 ontstaan het. Suid-Afrika het toe sy eie siektevrye moere vermeerder en instand gehou. In 1971 het die Aartappelraad op hul plaas in Lydenburg toegetree tot die moerskema en hoë kwaliteit moere aan die bedryf gelewer. Sedert 1984 word daar ook van mikrovoortplantingstegnieke gebruik gemaak.

2. Sertifiseringsprosedure

Aartappelmoere is die grootste enkele komponent van insetkoste vir die aartappelboer, en beloop ongeveer 35 % van die totale produksiekoste. Moerkwaliteit bepaal tot 'n groot mate die sukses van aartappelproduksie, omdat dit die belangrikste faktor is wat siektevryheid, goeie gehalte en maksimum opbrengste kan verseker (Pieterse & Theron, 1988). Vir die redes is dit baie belangrik om goeie kwaliteit moere aan te koop. Die moersertifiseringsprogram is daar om oor die kwaliteit van moere kontrole te hou.

Indien 'n produsent moere wil produseer, moet hy die eenheid waar produksie plaasvind, registreer. Die prosedure van sertifisering, soos uiteengesit deur Nortjé (1999), word in die volgende gedeelte bespreek.

2.1. Registrasie van die eenheid

Die aansoek om registrasie moet binne 21 dae na plant by 'n streekskantoor ingedien word en as bewys van die bron, moet etikette vir die moere verskaf word. Hierdeur word die geplante generasie geïdentifiseer.

Tabel 1 Oppervlakte en gesertifiseerde opbrengs van geregistreerde moeraanplantings gedurende 1997/98 (Handleiding vir Aartappelverbouing in S.A., 1999)

STREEK	HEKTAAR	OPBRENS (25 kg sakkies)
Sandveld	3 486	1 687 392
Ceres	378	236 787
Suid-Weskaap	28	9 889
Noord-Kaap	1 165	643 652
Oos-Kaap	14	8 184
Oos-Vrystaat	173	41 372
Wes-Vrystaat	1 640	743 791
KwaZulu/Natal	1 233	971 261
Mpumulanga	797	602 337
Noordelike Provinsie	63	16 588
Noordwestelike Provinsie	77	39 265
Gauteng	3	0
Suid-Kaap	151	59 339
Totaal	9 208	5 057 857

2.2. Landinspeksies

Twee verpligte landinspeksies word tydens die aktiewe groeistadium uitgevoer, om die aanplanting vir die voorkoms van siektes en kultivaregtheid visueel te evalueer. Tydens die eerste inspeksie word veral gelet op die voorkoms van rolbladvirus en tydens die tweede landinspeksie word op die voorkoms van virus Y gelet. Enige verwelkte plante moet aan 'n amptelike ondersoek blootgestel word. Die aanplanting

moet by elke landinspeksie aan die voorgeskrewe toleransie voldoen om afgradering in generasie weens siektes en gebrek aan kultivaregtheid te voorkom.

2.3. Laboratoriumtoetse

Na loofafsterwe of loofdoding word knolmonsters deur sertifiseringsbeamptes geneem. As die landinspeksies suksesvol afgeloop het, word 'n voorgeskrewe aantal knolle soos vir elke generasie vereis, getrek. Die monster word verseël en aan 'n geakkrediteerde laboratorium gestuur waar daar getoets word vir virusse, sowel as bakteriese siektes deur middel van 'n Elisa-toets (enzyme-linked immunosorbant assay). As beide toetse gunstig verloop en binne die norme van die moerskema val, word die proses van sertifisering verder geneem.

2.4. Knolinspeksies

Die kweker bied dan volgens eenheidsregistrasies die knolle vir sertifisering aan. Aanbiedings kan in verskillende grootte groepe geskied. Tydens knol-inspeksies word die knolle vir die teenwoordigheid van knol- en skilsiektes ondersoek. Afhangende van die mate van siektevoorkoms, word die aanbieding in drie klasse, naamlik "Elite", "Klas 1" of "Standaard", geklassifiseer. Vervolgens word elke 25 kg eenheid van 'n etiket wat die kultivar, datum van sertifisering en kwekerkode aandui, voorsien.

2.5. Generasies

Die *in vitro* plantjies se knoloes wat siektevry gesertifiseer is heet generasie 0 moere of miniknolle. Die miniknol produseerders kan hierdie moere verder vermeerder of verkoop. Die graderingstelsel gaan tot by generasie 8 waarna dit as tafelaartappels beskou word. Generasie 0 moere is die skoonste (siektevry) en is die prys streng gekorrelleer met die generasie. Generasie 0 tot generasie 2 plante mag geen virusse hê nie. As 'n virus tydens inspeksie waargeneem word sal die hele blok aartappels na 'n laer generasie afgegradeer word, wat groot finansiële implikasies inhou.

Tabel 2: Maksimum virusbesmetting toegelaat:

Generasie	Moervereistes
	Toleransies (%)
G0	0
G1	0
G2	0
G3	0.25
G4	0.5
G5	2.5
G6	5
G7	7.5
G8	15

3. Miniknolle

Mikrovoortplantingstegnieke word wêreldwyd toenemend gewild vir die produksie van saadaartappels. In die verlede is aartappelmoere geproduseer deur klonale seleksie van gewenste plante op die land, gevolg deur 6 tot 10 landvermeerderings voordat dit die eindverbruiker van gesertifiseerde saad bereik. Dit is egter bemoeilik deur infeksiedruk wat na elke vermeerdering toeneem (Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994).

Degenerasie van moere kan verminder word deur gereeld nuwe siektevrye moere in die saadproduksiesisteen te inkorporeer. Deur die ontwikkeling van *in vitro* metodes (om virusbesmetting te voorkom) en miniknolproduksiestelsels (wat vinniger gesonde voortplantingsmateriaal daar kan stel) het die kwaliteit van voortplantingsmateriaal die afgelope twintig jaar aansienlik verbeter (Rolot & Seutin, 1999).

Die ontwikkeling van weefselkultuurtegnieke het dit moontlik gemaak om voortplantingsmateriaal van virusbesmetting te suiwer en *in vitro* te vermeerder. Die grootste uitdagings van miniknolproduksie is om produksiekoste te verlaag en meer knolle per plant te produseer.

3.1. Mikrovoortplantingstelsels

In ooreenstemming met die voorstelle van Struik & Lommen (soos aangehaal deur Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994) word die volgende betekenis aan begrippe gegee:

3.1.1. *In vitro* plantjies

Siekte-vrye materiaal *in vitro* vermeerder deur middel van enkelnode-steggies. Hierdie plantmateriaal kan afkomstig wees van gesonde plante, of van apikale meristeme wat vooraf in die laboratorium van patogene gesuiwer is.

3.1.2. Mikrotubers

Geproduseer deur *in vitro* plantjies deur spesifieke voeding- en omgewingstoestande te induiseer om knolle te vorm. Hierdie *in vitro* tubers is baie klein (tipies 0.02 tot 0.7 g of 3 tot 10 mm deursnit).

3.1.3. Minitubers

Geproduseer deur *in vitro* plantjies in kweekhuise teen hoë digtheid onder semi-steriele toestande uit te plant. Onder gunstige toestande kan tot 12 knolletjies per plant, met 'n grootte van 0.1 tot 6 g geproduseer word. Struik & Lommen (soos aangehaal deur Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994) het getoon dat die hoogste opbrengs behaal kan word deur die plantjies dig te spaseer en herhaaldelik knolletjies wat die regte grootte bereik het, te oes.

3.1.4. Klein tubers

Geproduseer deur *in vitro* plantjies in kweekhuise, soos in die geval van minitubers. Deur middel van yler spasiëring en/of langer groeiperiodes word groter tubers (selfs groter as 15g) tipies geproduseer. Dit het egter tot gevolg dat minder tubers per eenheid kweekhuisoppervlakte geproduseer word. Die stelsel wat tans in Suid-Afrika op die Aartappel Suid-Afrika (ASA) se plaas te Lydenburg gevolg word, is om een of

twee *in vitro* plantjies in 10L plantsakke in kweekhuise uit te plant om sodoende relatief groot knolle (van 5g tot meer as 100g) te produseer.

3.2. Voordele

- Gesonder moere met minder siektes word gekweek.
- Produksie geskied onder gekontroleerde omgewingstoestande.
- Knolle kan vinnig vermeerder word, wat veral handig is by 'n nuwe kultivar.
- Opberging en vervoer is maklik

(Hammes, Beyers, Van der Walt & Nortjé, 1994).

3.3. Probleme

- Miniknolle is sensitief vir hitte- en droogtestremmings, as gevolg van hul grootte. Daar is nie baie reserwes beskikbaar nie.
- Hulle benodig spesiale verbouingspraktyke wat produsiekostes verhoog.
- Hulle bied plantjies met 'n swak groeikrag wat aan die begin baie meer kwesbaar as plante van gewone moere is.

(Ranalli, 1997).

4. Verskillende produksietegnieke en behandelings van miniknolle

Die rede vir die verbouing van miniknolle is om vinniger saad aan die kommersiële mark beskikbaar te stel. 'n Tipiese saadprogram kan tot 10 jaar duur. Siektes, veral wat deur knolle oorgedra word raak dan 'n groot risiko. Landvermeerderings kan aansienlik deur miniknolproduksie verminder word. Dit is veral voordelig vir lande waar daar nie vektor vrye areas is om saad vermeerdeings op te doen nie (Ranalli, 1997).

4.1. Konvensionele hidrokuiluur metode

In vitro plante word gekweek in 'n laboratorium. Die plantjies word dan onder streng sanitêre toestande in 'n glashuis of tonnel uitgeplant. Daar word gewoonlik van 'n mengsel van poreuse medium soos veenmos en 'n inerte medium soos sand, perliet of vermikuliet as substraat gebruik gemaak. Voedingstowwe word in besproeiingswater toegedien. Die voordeel daaraan verbonde is dat die mineraal samestelling sowel as die temperatuur in die stolon area beheer kan word. Beter sanitêre beheer kan ook toegepas word (Muro, Diaz, Goni & Lamsfus, 1997).

Die plantdigtheid bepaal hoe groot die knolle gaan wees. Hoe digter die plantestand, hoe kleiner sal die knolle wees en met die metode word die knolle eenmalig geoes. Daar kan dus nie van 'n konvensionele hidrokuiluur metode gebruik gemaak word om die plant te laat aanhou produseer en die knolle op die regte grootte te oes nie.

4.2. "Nutrient film technique" (NFT)

In die NFT stelsel word daar nie van 'n wortelmedium gebruik gemaak nie. Die prosedure behels die verskaffing van 'n dun stroom voedingsoplossing wat deurlopend aan die plantwortels in 'n geut teen 'n gradient voorsien word (Tibbitts & Cao, 1994). Die stroom voedingsoplossing verskaf 'n konstante voorraad van water en nutriente aan die plant, terwyl daar genoegsame suurstof vir die wortelstelsel beskikbaar is. Die knolle kan op 'n geskikte grootte geoes word.

Daar is egter verskeie probleme aan 'n NFT sisteem verbonde, onder andere die feit dat aartappels moeilik in 'n water medium knolle inisieer (Wan, Cao & Tibbitts, 1994; Tibbitts & Wheeler, 1987). Aartappels benodig meganiese weerstand in die stolon omgewing om knolinisiasie te induseer (Vreugdenhil & Struik, 1989). Indien knolle wel ontwikkel kan skade ook aan die periderm van die knolle aangerig word deurdat soute akkumuleer (Wheeler soos aangehaal deur Muro, Diaz, Goni & Lamsfus, 1997). Watergedraagde siektes kan ook 'n probleem wees, veral waar daar van 'n hersirkulerende stelsel gebruik gemaak word. In Suid-Afrika is daar baie min miniknolproduseerders wat van die stelsel gebruik maak.

4.3. “Aeroponics”

Die stelsel verskil van 'n NFT stelsel in die opsig dat die plant se wortels deur 'n sproei van voedingsoplossing benat word. Dit is belangrik dat die sproei al die wortels en veral stolons benat. Waar die stolons nie benat word nie mag nekrotiese letsels op die stolonpunt vorm, as gevolg van onvoldoende kalsium opname. Kalsium het 'n groot molekule wat moeilik deur wortels opgeneem en in genoegsame hoeveelhede na die stolons vervoer kan word (Tibbitts & Cao, 1994).

Die sisteem kan voordelig vir miniknolproduksie wees weens die feit dat die knolle nie kontinu in water lê, soos met 'n NFT stelsel nie. Geen knolvorming kon egter met die sisteem deur Tibbitts en Cao (1994) bewerkstellig word nie. Knolvorming het slegs plaasgevind wanneer die plant aan ernstige stremmings blootgestel is soos wanneer die bemesting gestop is, die plant basies verdroog het of waar stikstof lank genoeg uit die voedingsoplossing onttrek is (Tibbitts & Cao, 1994).

4.4. Behandelingen

Aartappels benodig meganiese weerstand vir stolons om knolle te vorm. Wurr, Hole, Fellows, Milling, Lynn & O'Brien (1997) het gevind dat stolongroei in 'n los medium geweldig gestimuleer is maar daar nie knolvorming was nie. In 'n watermedium ontbreek meganiese weerstand. Daar moet dus van ander metodes gebruik gemaak word om die plant na 'n knolinisiasie fase oor te skakel.

Enige aksie wat die plant onder stremming plaas sal tot knolinisiasie lei (Tibbitts & Cao, 1994). Volgens Krauss & Marschner (soos aangehaal deur Wan, Cao & Tibbitts, 1994) sal die plant in 'n knolinisiasie fase oorgaan wanneer die stikstof uit die voedingsoplossings gehaal word. In 'n “aeroponic” sisteem kan die sproei vir 12 ure afgeskakel word om knolinisiasie te induseer (Wan, Cao & Tibbitts, 1994). 'n Ander metode is om die plant 'n pH skok te gee. Dit behels dat die plante drie maal (30, 35 en 40 dae na uitplant) geskok word met 'n lae pH. Volgens Wan, Cao en Tibbitts (1994) is die optimum pH vir 'n lae pH skok 3.5 wat vir 10 ure gehandhaaf moet word. Daar is 'n groot aantal knolle op die manier geproduseer maar daar is verdere navorsing nodig om die sisteem te kommersialiseer.

Literatuurverwysings

HAMMES, P.S., BEYERS, E.A., VAN DER WALT, K. & NORTJE, P.F., 1994. Moontlike rol van minitubers in die Suid-Afrikaanse aartappelbedryf. *Toegepaste Plantwetenskap*. 8, 67-71.

MURO, J., DIAZ, V., GONI, J.L. & LAMSFUS, C., 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yields. *Potato Res.* 40, 431-438.

NORTJE, P.F., 1999. Moerproduksie in Suid-Afrika. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 96-101.

PIETERSE, B.J. & THERON, D.J., 1988. Hantering van aartappelmoere. *Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante*.

RANALLI, P., 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. *Potato Res.* 40, 439-453.

ROLOT, J.L. & SEUTIN, H., 1999. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. *Potato Res.* 42, 457-469.

STEYN, J. M. & PRINSLOO, K.P., 1999. Bemesting van aartappels. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 62-67.

TIBBITTS, T.W. & CAO, W., 1994. Solid matrix and liquid culture procedures for growth of potatoes. *Adv. Space Res.* 14, 427-433.

TIBBITTS, T.W. & WHEELER, R.M., 1987. Utilization of potatoes in bioregenerative life support systems. *Adv. Space Res.* 7, 115-122.

VREUGDENHIL, D. & STRUIK, P.C., 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). *Physiol. Plant.* 75, 525-531.

WAN, W.Y., CAO, W. & TIBBITTS, T.W., 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alteration of solution pH. *Hort Science.* 29, 621-623.

WURR, D.C.E., HOLE, C.C., FELLOWS, J.R., MILLING, J., LYNN, J.R. & O'BRIEN, P.J., 1997. The effect of some environmental factors on potato tuber numbers. *Potato Res.* 40, 297-306.

HOOFSTUK 5

Die invloed van fosfor, kalsium en pH op die produksie van aartappelknolle in kweekhuise

Uittreksel

Relatief hoë fosfaat vlakke en relatief lae kalsium vlakke is as moontlike meganismes ondersoek waarmee meer knolle per plant geproduseer kan word. Daar is ogies uit Vanderplank moere gedruk en in polistireen saailaaie geplant met 'n vermikuliet-dennebas mengsel as medium. Enkelstam plantjies is na twee weke in 5 L Mitcherlich potte geplant met gesteriliseerde riviersand as substraat. Ses behandelingskombinasies, 'n kontrole (normale voedingsoplossing), lae kalsium en hoë fosfaat behandelings, elk by 'n normale pH 6.0 en 'n lae pH 4,6 is toegedien en ses maal herhaal. Die helfte van die proef is aan wind blootgestel. Tweeweklikse voorkomende roes bespuitings is toegepas en daar is 54 dae na uitplanting geoes. Die relatief hoë fosfaat vlakke en relatief lae kalsium vlakke het geen betekenisvolle verskille in opbrengs, knolgrootte of aantal knolle per plant teweeggebring nie. Daar was egter betekenisvolle wisselwerkings tussen die voedingsbehandelings en wind verkry. Die algemene tendens was dat wind die plante verdwerg en loof- en knolopbrengs onderdruk het, veral waar die plante 'n hoë fosfaat behandeling ontvang het.

Sleutelwoorde: fosfor, kalsium, knolgrootte, opbrengs, pH, *Solanum tuberosum*, verdwerging

Inleiding

Aartappels is die vierde belangrikste stapelvoedsel in die wêreld. Ten einde aan die toenemende hoeveelheid mense in die wêreld voedsel te verskaf, sal produksie verhoog moet word. 'n Groot bydrae kan hiertoe gelewer word deur bemesting meer doeltreffend aan te wend.

Fosfaat en kalsium speel elk 'n belangrike rol in die groei en ontwikkeling van aartappels. Fosfaat is noodsaaklik vir plantselle om te kan funksioneer, dit stimuleer vroeë wortelontwikkeling en maak waterverbruik meer doeltreffend. Fosfaat vergroot ook die blaar area indeks in die vroeë stadium van groei, maar teen die einde van die groeiseisoen laat dit volgens Harris (1992) die blare vinniger doodgaan. Kalsium speel 'n belangrike rol by die kwaliteit en hou vermoë van aartappels. Kalsium versterk selwande wat die knol teen veral skilsiectes beskerm (McGuire & Kelman soos aangehaal deur Bartz, Locascio & Weingartner, 1992).

Freeman, Franz en de Jong (1998) het gevind dat die aantal knolle per plant vermeerder het met verhoogde fosfaat toedienings. Harris (1992) het ook gevind dat 'n verhoging in opbrengs met fosfaat bemesting uitsluitlik weens die vorming van meer knolle was en nie weens groter knolle nie. Recke, Schnier, Nabwile en Qureshi (1997) het 'n aansienlike verhoging in opbrengs met fosfaat bemesting gekry. Te hoë vlakke van toediening sal volgens hulle nie 'n negatiewe effek op opbrengs hê nie.

Beide kalsium en fosfaat is bykans onbeweeglik in die grond (Mcdole & Westermann, 1998). Toediening moet dus in die omgewing van die wortels geskied. In die geval van kalsium wat moeilik opneembaar en translokeerbaar is, word baie van die kalsium deur die knol self opgeneem. Daar moet dus in die omgewing van die knolle ook voldoende opneembare kalsium wees.

Volgens Maclean en Smith (soos aangehaal deur Wan, Cao & Tibbitts, 1994) is aartappelplante goed aangepas in 'n suur omgewing. Volgens Tibbitts en Coa (1994) moet die pH tussen 5.0 en 6.0 vir optimum groei wees. Aartappels wat by 'n lae grond pH groei raak gouer ryp en het ook 'n hoër knol tot loof verhouding as aartappels wat by 'n normale pH groei (Wan, Cao & Tibbitts, 1994). By 'n baie lae pH kan groei deur pH-geïnduseerde tekorte of toksisiteite van sekere voedingselemente onderdruk word. Daar kan ook direkte wortel beserings as gevolg van 'n oormaat waterstof ione voorkom (Wan, Cao & Tibbitts, 1994).

In hierdie studie word die invloed van fosfaat en kalsium by twee pH vlakke op die opbrengs, grootteklasse en kwaliteit van aartappels ondersoek.

Materiaal en Metodes

Op die 7de Augustus 2000 is ogies uit uitgeloopde moere gedruk om enkelstam plantjies te kweek om in 'n voedingsproef te gebruik (Figuur 1). Daar is van gesertifiseerde Vanderplank moere (generasie 2) gebruik gemaak. Die uitgedrukte ogies is in 'n polistireen saailaai geplant met 'n 50:50 mengsel van vermikuliet en gekomposteerde dennebas as medium. Saailaai is tot met uitplanting (2 weke) in 'n ontkiemingskamer by 22°C en ongeveer 85% relatiewe humiditeit gehou. Daar is gereeld met 'n halfsterkte voedingsoplossing besproei. Op die 21ste Augustus is die plantjies uitgeplant in 5 L Mitcherlich potte (Figuur 2). Metiel bromied gesteriliseerde riviersand is as medium gebruik. Die potte is in 'n glashuis van die Universiteit van Stellenbosch, te Welgevallen geplaas. Die dagtemperatuur het gewissel tussen 20 en 35°C, terwyl die nagtemperatuur tussen 5 en 10°C gewissel het. Drie plantvoedingsbehandelings (gebalanseerde kontrole, relatief lae kalsium en relatief hoë fosfaat) is elk by 'n lae pH (4.5) en normale pH (6.0) faktoriaal toegedien. Die spesifieke voedingoplossings word in Tabel 1-6 weergegee. Mikro-elemente is in alle gevalle teen Steiner (1984) se aanbeveling toegedien. Waar die korrekte pH nie bereik is nie, is geringe hoeveelhede swawelsuur (H_2SO_4) en natrium hidroksied (NaOH) vir regstellings gebruik. Daar is twee maal per dag 400 ml voedingsoplossing per pot toegedien. Die dreinaat is weggegooi. Acrobat (4g L^{-1}) en Horizen (1ml L^{-1}) is elke twee weke as voorkomende roes bespuitings toegedien. Die plante is met behulp van toue opgelei.

Die plante is 54 dae na uitplant geoes. Die varsmassa sowel as die droëmassa van die lowwe en knolle is bepaal. Die droëmassa is bepaal deur die plante vir 3 dae by 70°C te oond-droog. Die droë massa van die knolle gedeel deur die vars massa daarvan is as 'n persentasie uitgedruk. Die droë tot vars massa van die lowwe is ook as 'n persentasie uitgedruk. Die knolle is in verskillende gewig afdelings geklas, naamlik kleiner as 10g, tussen 10 en 50g, tussen 50 en 100g en groter as 100g. Die knolle is inwendig ondersoek vir fisiologiese afwykings maar geen is gevind nie. Die ses behandelingskombinasies is ses maal in 'n ewekansige blokontwerp herhaal. Drie van die herhalings was toevallig aan wind van die ventilasiesistelsel blootgestel. Hierdie faktor is by analise van die data as 'n addisionele faktor ingebring. Analise van variansie is op die data uitgevoer. As gevolg van die addisionele faktor is die data as 'n gesplete perseel ontwerp ontleed.



Figuur 1 Enkelstam saailing



Figuur 2 Mitcherlich potte met enkelstam plantjies

Tabel 1 Kontrole, normale pH voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en 'n pH van 6.0. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	108.8		0.8					0.8	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	472			4			4		
KNO ₃	424.2		4.2				4.2		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	0								
Totale Voeding			5	4	2		8.2	0.8	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 2 Kontrole, lae pH voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en 'n pH van 4.6. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	0								
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	472			4			4		
KNO ₃	424.2		4.2				4.2		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	78.4	0.8						0.8	
Totale Voeding		0.8	4.2	4	2		8.2	0.8	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 3 Normale pH, hoë fosfaat voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en 'n pH van 6.0. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	217.6		1.6					1.6	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	472			4			4		
KNO ₃	343.4		3.4				3.4		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	0								
Totale Voeding			5	4	2		7.4	1.6	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 4 Lae pH, hoë fosfaat voedingsoplossing* met `n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en `n pH van 4.6. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	108.8		0.8					0.8	
MgSO ₄ .7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	472			4			4		
KNO ₃	343.4		3.4				3.4		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	78.4	0.8						0.8	
Totale Voeding		0.8	4.2	4	2		7.4	1.6	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 5 Normale pH, lae kalsium voedingsoplossing* met `n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en `n pH van 6.0. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	108.8		0.8					0.8	
MgSO ₄ .7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	118			1			1		
KNO ₃	727.2		7.2				7.2		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	0								
Totale Voeding			8	1	2		8.2	0.8	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 6 Lae pH, lae kalsium voedingsoplossing* met `n elektriese geleiding van 1.3 mS cm⁻¹ en `n pH van 4.6. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L⁻¹) gegee.

Sout	Toediening (mg L ⁻¹)	H ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻
KH ₂ PO ₄	0								
MgSO ₄ .7H ₂ O	246				2				2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	118			1			1		
KNO ₃	727.2		7.2				7.2		
K ₂ SO ₄	0								
H ₃ PO ₄	78.4	0.8						0.8	
Totale Voeding		0.8	7.2	1	2		8.2	0.8	2

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Resultate

Die knol opbrengs is in 4 klasse, naamlik klein ($<10\text{g}$), medium ($10\text{-}50\text{g}$), groot ($50\text{-}100\text{g}$) en “chips” ($>100\text{g}$) verdeel. Daar is 'n blok effek verkry, soos in Figuur 3 gesien kan word. Die wind kant was die blok wat die naaste aan die venster was waar die ventilasiestelsel inblaas. Die plante se blare het aan die beweeg gebly en kon dalk 'n tipe van meganiese beskadiging opgedoen het. Daar was geen fisiese bewyse van skade nie behalwe dat die plante kleiner as die plante van die aangrensende beskutte ry was (Figuur 3). Variansie-analise van data word in Tabel 7 gegee.



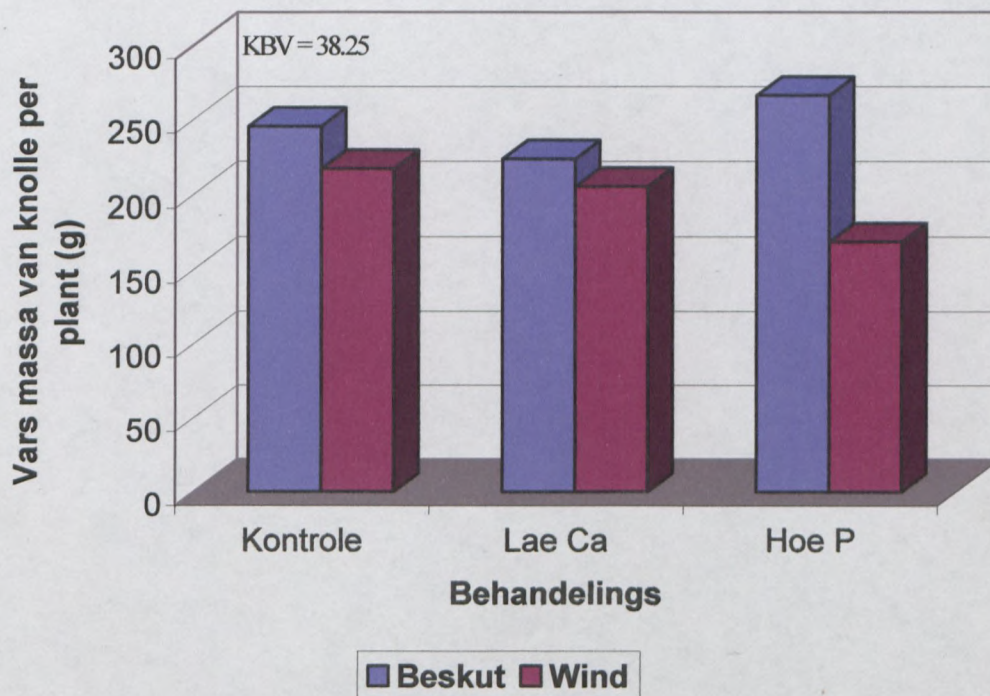
Figuur 3 Uitbeelding van wind effek (beskutte ry links, wind ry regs)

Tabel 7 Variansie-analise van die vars massa van knolle (VMK), vars massa van lowwe (VML), droë massa van knolle (DMK), droë massa van lowwe (DML), totale hoeveelheid knolle (THK), knol persentasie (KP), droë materiaal persentasie (DMP) en droë materiaal persentasie van die lowwe (DMLP).

	DF	VMK	VML	DMK	DML	THK	KP	DMP	DMLP
Blokke	2	NB	0.0371	NB	0.0105	0.0619	0.0052	NB	NB
Wind	1	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0362	0.0088	NB	NB
Voed	2	NB	NB	NB	NB	NB	NB	0.0064	0.0006
pH	2	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Voed*pH	2	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	0.0409
Voed*Wind	2	0.0123	0.0215	0.0093	0.0199	NB	NB	NB	NB
pH*Wind	1	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Voed*pH*Wind	2	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB

Vars massa van knolle

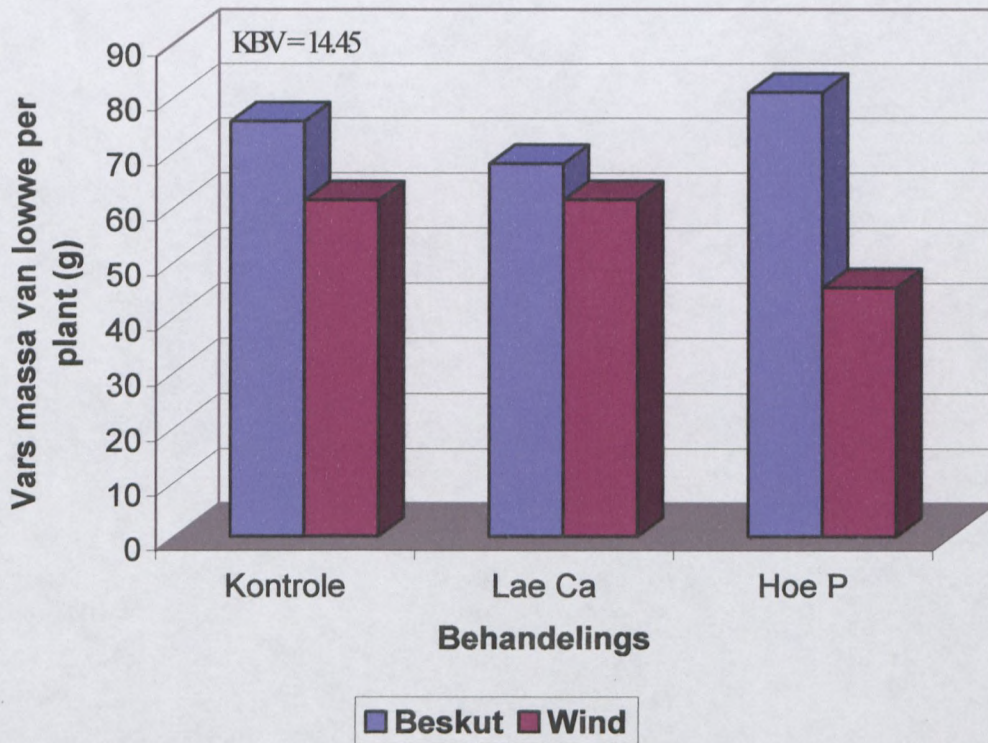
Daar was 'n betekenisvolle verskil (5% toetspeil) in die vars massa van knolle weens 'n wisselwerking tussen voedingsbehandelings en die blootstelling aan wind. Daar kan in Figuur 4 gesien word dat die vars massa van knolle alleen betekenisvol deur wind verlaag is waar 'n hoë fosfaat peil voorsien is.



Figuur 4 Vars massa van knolle soos deur 'n wisselwerking tussen voedingsbehandelings en blootstelling aan wind beïnvloed

Vars massa van lowwe

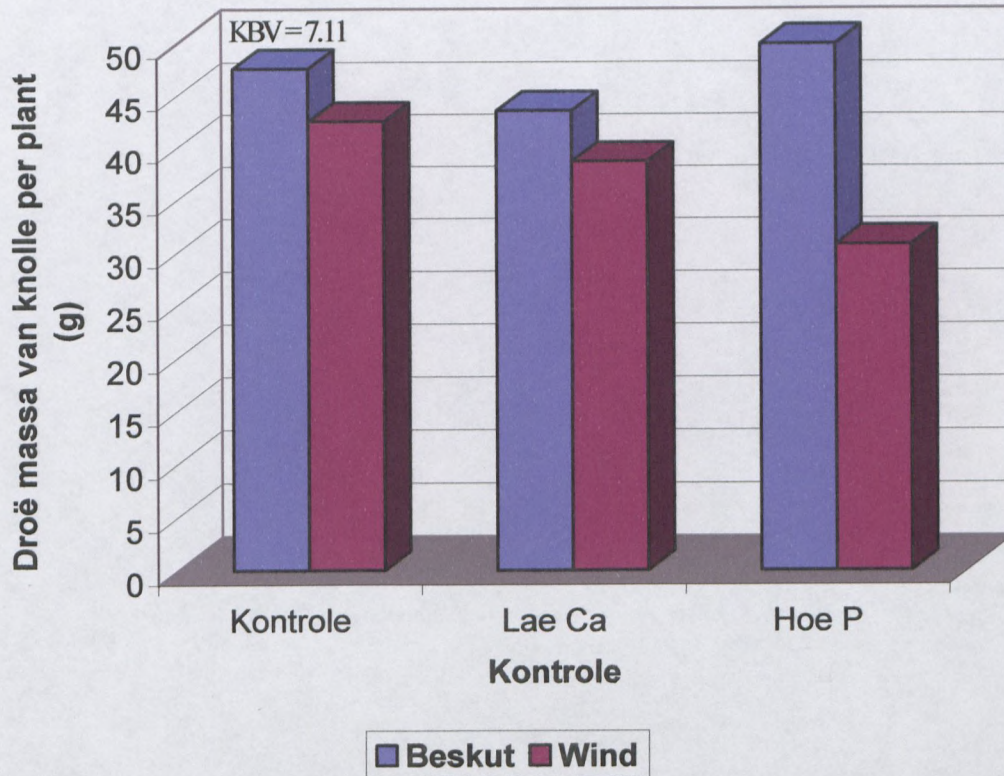
'n Betekenisvolle ($P=0.05$) wisselwerking (voeding en wind) is by die vars massa van lowwe gevind. Figuur 5 toon dat die gemiddelde vars massa van die lowwe betekenisvol deur die wind verlaag is waar normale voeding (kontrole) en hoë fosfaat behandelings toegepas is.



Figuur 5 Vars massa van lowwe soos deur 'n wisselwerking tussen voedings-behandelings en blootstelling aan wind beïnvloed

Droë massa van knolle

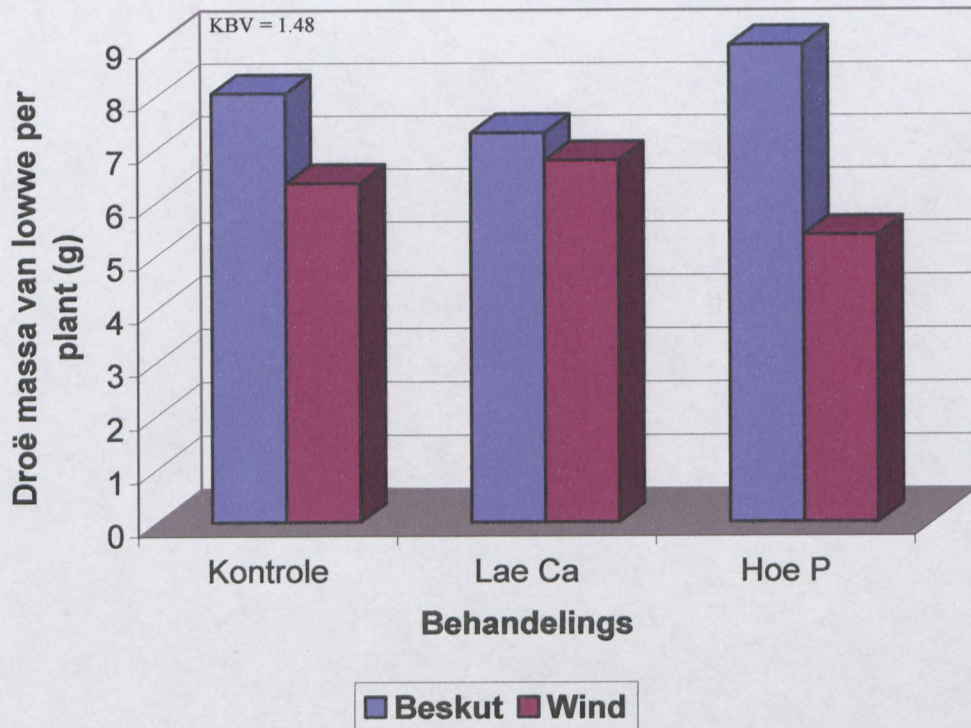
Dieselfde wisselwerking wat met die vars knolmassas beskryf is (Figuur 4), het ook ten opsigte van droë knolmassas gegeld (Figuur 6).



Figuur 6 Droë massa van knolle soos deur 'n wisselwerking tussen voedingsbehandelings en blootstelling aan wind beïnvloed

Droë massa van lowwe

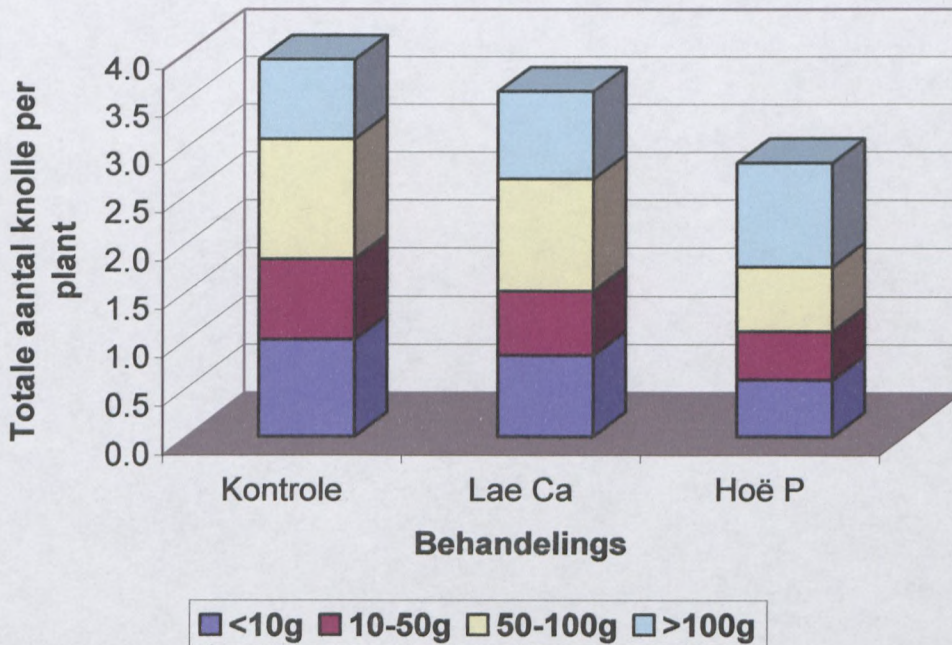
Net soos in die geval van vars massas van lowwe (Figuur 5) was daar ook 'n betekenisvolle afname in die droë massa van lowwe, alleen by die kontrole en hoë fosfaat behandelings (Figuur 7).



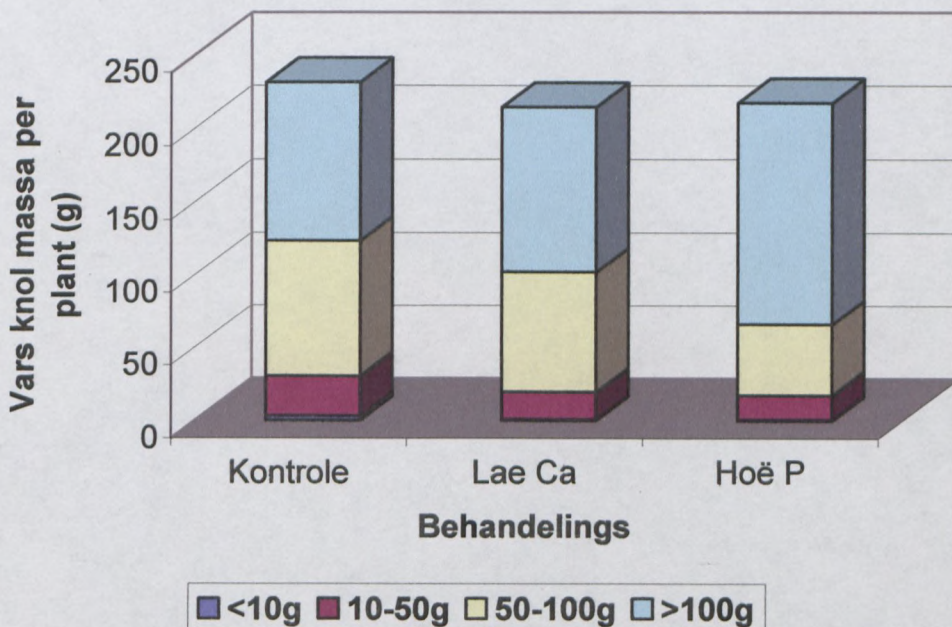
Figuur 7 Droë massa van lowwe soos deur 'n wisselwerking tussen voedings behandelings en blootstelling aan wind beïnvloed

Knolgrootteverspreiding

In Figuur 8 en 9 word die verhouding tussen die verskillende grootte klasse gegee ten opsigte van die aantal en gewig van knolle. Daar was geen betekenisvolle verskille nie alhoewel die aantal knolle per plant wel by die hoë fosfaat-peil laer geneig het ($P=0.14$).



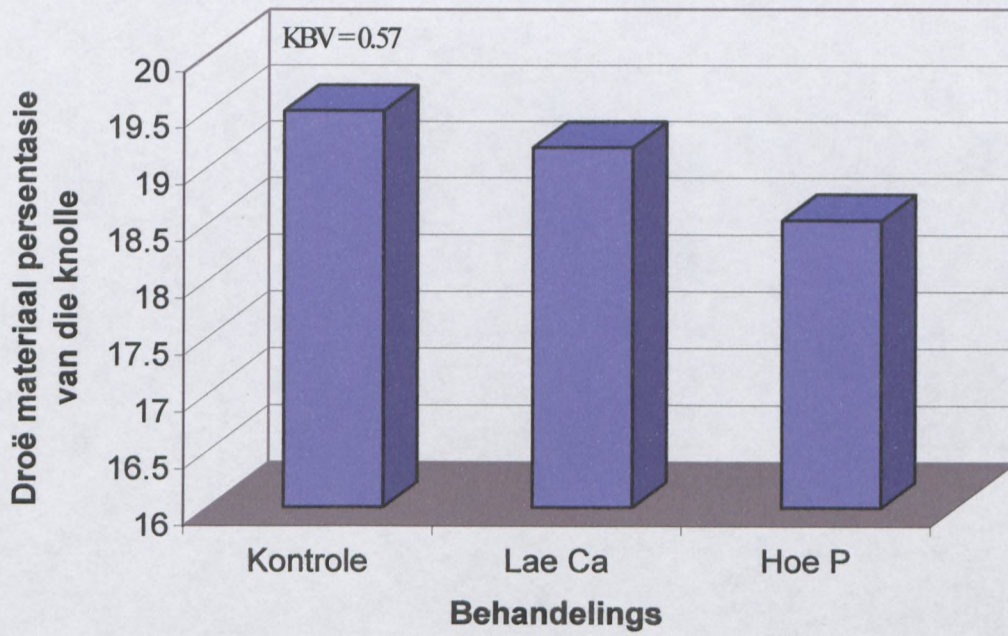
Figuur 8 Die getal knolle in elke grootte klas per plant, soos deur voedings-behandelings beïnvloed



Figuur 9 Die massa knolle in elke grootte klas per plant (g), soos deur voedings-behandelings beïnvloed

Droë materiaal inhoud van die knolle

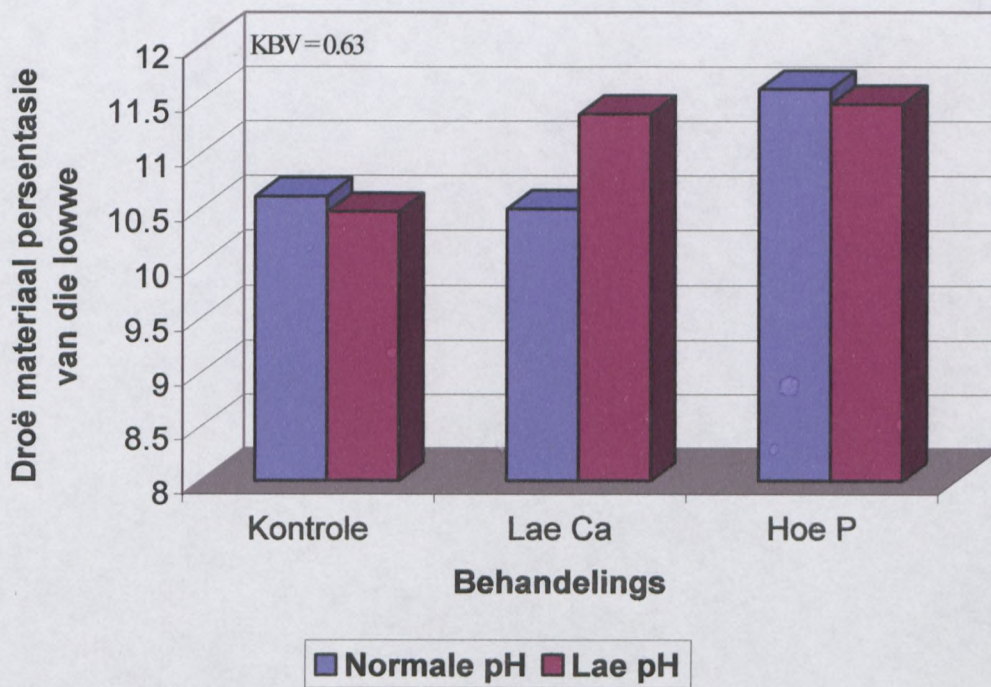
'n Betekenisvolle ($P=0.05$) voedingseffek is by die droë materiaal persentasie van die knolle gekry. In Figuur 10 kan gesien word dat die droë materiaal persentasie van die knolle betekenisvol deur 'n hoë fosfaat peil verlaag is.



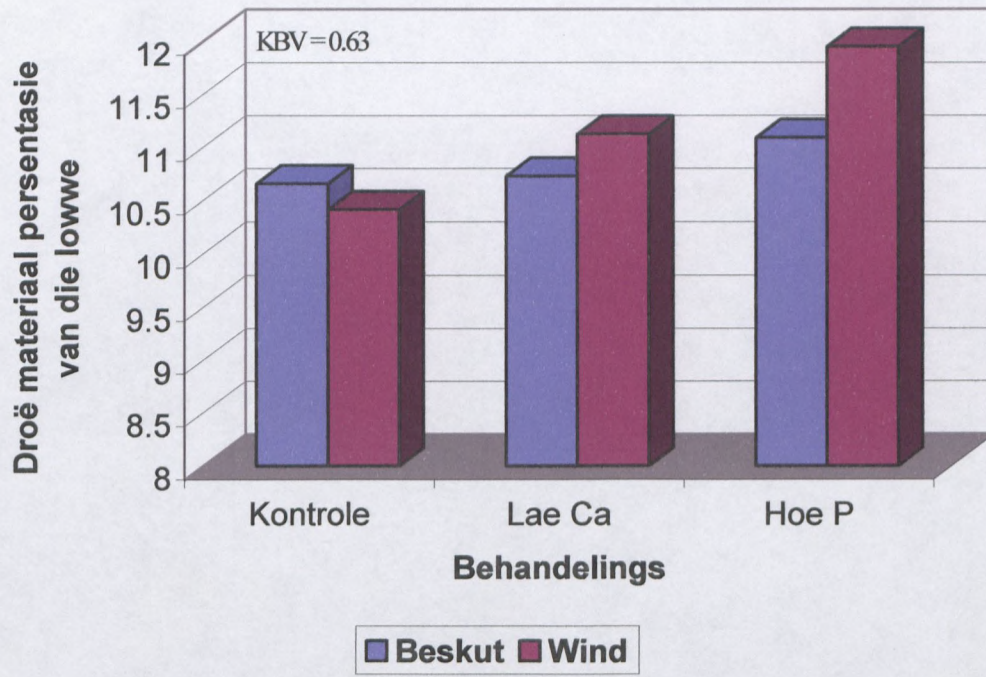
Figuur 10 Die droë materiaal inhoud van die knolle soos deur voedingsbehandelings beïnvloed

Droë materiaal persentasie van die lowwe

Twee betekenisvolle ($P=0.05$) wisselwerkings is by die droë materiaal persentasie van die lowwe gekry: Voeding en pH (Figuur 11) en ook voeding en wind (Figuur 12). Daar kan in Figuur 11 gesien word dat die droë materiaal persentasie van die lowwe betekenisvol deur 'n lae pH verhoog is, alleen by die lae kalsium behandeling. In Figuur 12 kan gesien word dat die droë materiaal persentasie van die lowwe betekenisvol ($P=0.05$) deur wind verhoog word, slegs by die hoë fosfaat behandeling.



Figuur 11 Droë materiaal persentasie van die lowwe soos deur 'n wisselwerking tussen voedingbehandelings en pH peile beïnvloed



Figuur 12 Droë materiaal persentasie van die lowwe soos deur 'n wisselwerking tussen voedingbehandelings en blootstelling aan wind beïnvloed

Bespreking

Die betekenisvolle verhoging in die vars massa van knolle is alleen met beskutting teen wind verkry waar 'n hoë fosfaat peil voorsien is (Figuur 4). Dieselfde tendens kan by die vars massa van die lowwe sowel as by die droë massa van die knolle en lowwe gesien word (Figuur 5, 6 & 7). Daar was deurgaans by al drie voedingsbehandelings 'n ietwat swakker knol- en loofproduksie aan die wind kant, maar die verskil was slegs betekenisvol by die hoë fosfaat peil. Dit wil dus voorkom asof plante by 'n hoë fosfaat peil meer sensitief is vir wind soos duidelik blyk uit die betekenisvolle laer produksie wat in Figure 4, 5, 6 en 7 by 'n kombinasie van hoë fosfaat en wind gevind is. Onder beskutte toestande het die hoë fosfaat peil die hoogste produksie gelewer. Daar moet op gelet word dat die hoë fosfaat peil tweekeer hoër as die geskatte optimum fosfaat peil was.

Freeman, Franz en de Jong (1998) het onder sub optimum fosfaat voedingstoestande gevind dat die aantal knolle per plant met verhoogde fosfaat toedienings vermeerder. In ons ondersoek, waar die fosfaat peile hoër as optimum was, is die minste knolle by die hoë fosfaat peil gekry, alhoewel nie betekenisvol minder nie (Figuur 8). Daar was geen betekenisvolle verskille in die hoeveelheid knolle of verskillende grootte klasse van knolle nie. Daar kan egter in Figuur 8 gesien word dat die kontrole die meeste knolle gelewer het, maar dat die hoë fosfaat behandeling die meeste knolle in die groter as 100g klas het, in direkte teenstelling met die literatuur (Freeman, Franz & de Jong, 1998; Harris, 1992). Die gevolgtrekking is dat 'n hoë fosfaat behandeling neig om minder knolle te produseer maar wel groter knolle waar die optimum fosfaat peil oorskry word.

Die droë materiaal persentasie van knolle is met relatiewe digtheid en styselinhoud van knolle gekorreleer (Terman, Hawkins, Cunningham & Carpenter, 1952; Storey & Davies, 1992). Volgens Storey en Davies (1992) is daar nie 'n voorspelbare effek van fosfaat behandelings op persentasie droë materiaal van die knolle nie. Party outeurs rapporteer 'n verhoging terwyl ander 'n verlaagde persentasie droë materiaal van die knolle meld. In ons geval, onder luukse fosfaat voedingstoestande, is 'n verlaging gekry (Figuur 10). Daar kan gespekuleer word dat die hoë fosfaat peil tot presipitasieverliese van kalsium aanleiding kan gee. Dit is lank reeds bekend dat 'n lae kalsium voedingspeil tot 'n verlaging in die droë materiaal persentasie van die knolle aanleiding kan gee (Combrink, 1971). Die relatief lae kalsium peil het egter in hierdie ondersoek nie 'n betekenisvolle verlaging in droë materiaal persentasie tot gevolg gehad nie. Die wisselwerking tussen voeding en pH, wat die droë materiaal persentasie van lowwe betref is moeilik verklaarbaar (Figuur 12). Dit is egter duidelik dat die akkumulasie van droë materiaal in die blare van plante met luukse fosfaat peile (Figuur 11 en 12), ten koste van die knolle plaasgevind het (Figuur 10).

Die persentasie droë materiaal van die lowwe was betekenisvol hoër waar dit aan wind asook aan die hoë fosfaat peil blootgestel is (Figuur 12). Dit kan dalk toegeskryf word aan die akkumulasie van koolhidrate in die blare van plante met luukse fosfaat voeding in kombinasie met blootstelling aan wind. In Figuur 5 en 7 kan gesien word dat dit bloot die resultaat van 'n laer voginhoud was aangesien blaarmassas laer was. Die relatief lae droë materiaal persentasie in die knolle by luukse fosfaat peile (Figuur 10) kan moontlik verklaar word deur die akkumulasie van koolhidrate in blare en nie in die knolle nie (Figuur 11 en 12).

As die algemene tendens van die resultate nagevolg word, lyk dit asof wind of meganiese steuring die plante verdwerg en produksie verlaag, veral in kombinasie met hoë fosfaat behandelings. Verdwerging van saailinge is deur Benoit en Ceustermans (2000) deur meganiese streling verkry maar geen nadelige effek op die akkumulasie van droë materiaal is vermeld nie. Verdere werk oor die translokasie van koolhidrate, soos deur meganiese steuring en fosfaat voedingspeile beïnvloed is nodig om hierdie moontlike wisselwerking te verklaar.

Literatuurverwysings

BARTZ, J.A., LOCASCIO, S.J. & WEINGARTNER, D.P., 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *American potato journal*. 69, 39-50.

BENOIT, F. & CEUSTERMANS, N., 2000. Further findings with mechanical perturbation (Thigmomorphogenesis) of young tomato plants. *European Vegetable R & D Centre*.

COMBRINK, N.J.J., 1971. Inwendige bruinvlek by aartappels (*Solanum tuberosum*). (Ongepubliseerde) MSc-tesis. Universiteit van Pretoria.

FREEMAN, K.L., FRANZ, P.R. & DE JONG, R.W., 1998. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cvv. Russet Burbank and Kennebec) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. *Australian J. of Experimental Agriculture*. 38, 83-93.

HARRIS, P.M., 1992. Mineral nutrition. In P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop, the scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, Londen. pp 162-213.

MCDOLE, R.E. & WESTERMANN, G., 1998. Idaho potato fertilizer guide. <http://www.potatoresearch.com>.

RECKE, H., SCHNIER, H.F., NABWILE, S. & QURESHI, J.N., 1997. Responses of Irish potatoes to mineral and organic fertilizer in various agro-ecological environments in Kenya. *Expl Agric*. 33, 91-102.

STEINER, A.A., 1984. The universal nutrient solution. *Proc. Int. Soc. Soilless Culture*. 633-649.

STEYN, J. M. & PRINSLOO, K.P., 1999. Bemesting van aartappels. In: P.J. Steyn (ed.). *Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika*. United Litho, Roodeplaat. pp 62-67.

STOREY, R.M.J. & DAVIES, H.V., 1992. Tuber quality. In P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop, the scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, London. pp 507-552.

TERMAN, G.L., HAWKINS, A., CUNNINGHAM, C.E. & CARPENTER, P.N., 1952. Rate of placement and source of phosphorus fertilizers of potatoes in Maine. *Maine Agr. Exp. Sta. Bull.* No. 506.

TIBBITTS, T.W. & CAO, W., 1994. Solid matrix and liquid culture procedures for growth of potatoes. *Adv. Space Res.* 14, 427-433.

WAN, W.Y., CAO, W. & TIBBITTS, T.W., 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alteration of solution pH. *Hort Science.* 29, 621-623.

HOOFTUK 6

’n Verhoging in die aantal miniknolle per plant deur verlaagde pH- en kalsiumvlakke in die knolgroei-medium

Uittreksel

Deur van ’n pH-skok gebruik te maak kan die aantal miniknolle (*Solanum tuberosum* L.) per plant vermeerder word en dus vinniger en goedkoper, goeie kwaliteit voortplantingsmateriaal produseer. Hierdie hipotese, asook ’n moontlike verklaring vir die meganisme van ’n lae pH-skok is ondersoek. Ogies is uit Vanderplank saadstukke gedruk en in polistireen saailaai geplant met ’n vermikuliet-dennebas mengsel as medium. Enkelstam plantjies is na twee weke in 2 L deursigtige plastiek houers met ’n opskroefdeksel geplant. Kontrole (normale voedingsoplossing) en drie voedings-oplossings met verskillende pH’s (3.0, 3.5 en 4.0), asook ’n kalsium-vrye oplossing is as behandelings gebruik. Vier toedieningstye (geen; 25 dae na uitplant; 25 & 35 dae na uitplant en 35 dae na uitplant) is toegedien. Tweeweeklikse voorkomende swambespuittings is toegepas. Daar is 45 dae na uitplant geoes. Groot hoeveelhede knolle (gemiddeld 48 per plant) is in die ondersoek verkry. Betekenisvolle verskille is tussen die skok-behandelings en die kontrole ten opsigte van die aantal knolle en die vars massa van die lowwe gekry. Betekenisvol beter knolinisiasie is verkry waar die toediening van die skok-behandelings vroeg toegepas is. Die geen-kalsium-skok was bykans net so effektief as die lae pH-skokke wat daarop dui dat die effek van ’n lae pH-skok waarskynlik met ontoeganklikheid van kalsium verband hou.

Slutelwoorde: “hydroponics”, kalsium, miniknolle, pH, *Solanum tuberosum*

Inleiding

Dit is essensieel vir die aartappel bedryf om van goeie kwaliteit voortplantingsmateriaal gebruik te maak indien daar suksesvol op die kommersiële mark meegeding wil word. Die afgelope 20 jaar word daar toenemend van mikro-voortplantingstelsels gebruik gemaak. Miniknolproduksie is veral gewild aangesien vinniger vermeerdering van saadaartappels moontlik is en daar in vektor-vrye areas geproduseer kan word (Ranalli, 1997). Die enigste nadeel is dat die produksiestelsel duur is. Deur die produksie van miniknolle per plant te verhoog kan die prys per eenheid egter verlaag word.

Verskeie opsies is al ondersoek om miniknolproduksie te verhoog, soos byvoorbeeld om van 'n hidrokultuurstelsel gebruik te maak. Daar is egter verskeie probleme aan so 'n stelsel verbonde, onder andere die feit dat aartappels moeilik in 'n water medium knolle inisieer (Wan, Cao & Tibbitts, 1994; Tibbitts & Wheeler, 1987). Aartappels benodig meganiese weerstand in die stolon omgewing om knolinisiasie te induseer (Vreugdenhil & Struik, 1989). Volgens Wan et al. (1994) kan 'n pH-skok gemiddeld 140 knolle per plant oplewer wat aansienlik meer as die standaard 2 tot 5 knolle is. Volgens Tibbitts en Cao, (1994) sal enige aksie wat die plant onder stremming plaas tot knolinisiasie lei. Wan et al. (1994) se pH-skok behels dat die knolmedium drie maal (30, 35 en 40 dae na uitplant) aan 'n lae pH blootgestel word. Volgens hulle is die optimum pH vir 'n lae pH-skok 3.5 wat vir 10 ure gehandhaaf moet word.

Yan (soos aangehaal deur Abolitz & Zieslin, 1996) het gevind dat 'n lae pH in die wortel omgewing (hoë konsentrasie van waterstof ione) 'n direkte effek op die funksie van membrane in wortelselle het. Aangesien voedingselemente soos kalsium en magnesium by 'n lae pH moeilik opneembaar is (Gascho, Anderson & Bowen, 1993), asook die feit dat lae kalsiumpeile selwande en membrane nadelig mag beïnvloed, is daar besluit om die moontlike verband tussen 'n lae pH met onttrekking van kalsium in verband te bring. Die doel van hierdie studie was dus nie alleen om soveel as moontlik miniknolle per plant te laat vorm nie maar ook om die invloed van 'n lae pH skok met 'n onttrekking van kalsium te probeer naboots.

Materiaal en Metodes

Op die 10de Augustus 2000 is ogies uit uitgeloopte moere gedruk (Figuur 1) ten einde enkelstam plantjies vir 'n voedingsproef te kweek. Daar is van gesertifiseerde Vanderplank moere (generasie 2) gebruik gemaak. Die uitgedrukte ogies is in 'n polistireen saailaai met 'n 50:50 mengsel van vermikuliet en gekomposteerde dennebas as medium geplant. Saailaai is tot met uitplanting (2 weke) in 'n ontkiemingskamer by 22°C en ongeveer 85% humiditeit gehou. Daar is gereeld met 'n halfsterkte (0.7 mS cm⁻¹) voedingsoplossing besproei. Op die 25ste Augustus is die plantjies na 2 L deursigtige plastiek houers met voedingsoplossing oorgeplaas. Die stammetjies is met skuimrubber in 3cm gate van die opskroef deksels vasgesit sodat die onderste deel van die stammetjie met wortels in die watermedium hang (Figuur 2). Die plastiek houers is met foelie bedek om algroei in die voedingsoplossing te voorkom. Die potte is in 'n glashuis op die Universiteit van Stellenbosch se proefplaas te Welgevallen geplaas. Dagtemperatuur het tussen 25 en 35°C, en nagtemperatuur tussen 5 en 10°C gewissel. Die plantjies in die waterkultuur sisteem is met al die nodige mikro-voedingselemente in die water voorsien (Steiner, 1984). Die makro-element peile in die kontrole voedingsoplossing word in Tabel 1 getoon. Die elektriese geleiding daarvan was 1.3 mS cm⁻¹ terwyl die pH op 5.5 gehou is. Die voedingsoplossing is met lug vanaf 'n kompressor via vistenk lugpypies en verspreidingsblokkies deurborrel. Lug is aanvanklik slegs 15 minute in elke uur toegedien. Nadat die plante groter geword het en lugknolle waargeneem is, is die houers konstant deurlug.

Die plante is 25 dae na uitplant vir 10 ure vir die eerste keer aan die skok-behandelings blootgestel waarna dit weer in die kontrole voedingsoplossing teruggeplaas is. 'n Verlagings in die pH van die standaard voedingsoplossing (Tabel 1) is met toevoegings van swawelsuur (H₂SO₄) bewerkstellig. Drie pH peile, naamlik 3.0, 3.5 en 4.0 is gebruik. 'n Vierde skok-behandeling is ook toegedien waar die voedingsoplossing aangepas is sodat daar vir 10 ure geen kalsium voorsien is nie (Tabel 2). Die verlies aan kalsiumione is proporsioneel met kalium- en magnesiumione aangevul soos deur Steiner (1984) voorgestel. Opvolg skok-behandelings is 10 dae later toegedien. Om die korrekte pH te bereik is van swawelsuur (H₂SO₄) en natrium hidroksied (NaOH) gebruik gemaak. Die kontrole voedingsoplossing (sowel

voor en na skokbehandelings) is elke vyf dae vervang. Acrobat (4g L^{-1}) en Horizen (1ml L^{-1}) is elke twee weke as voorkomende swamdoders toegedien. Die plante is met behulp van toue opgelei en op 9 Oktober, 45 dae na uitplant, geoos. Die varsmassa sowel as die droëmassa van die lowwe, wortels en knolle is bepaal. Die droëmassa is bepaal deur die plante vir 3 dae by 70°C te oond-droog. Enige verdikking aan die stolonpunt wat twee keer die dikte van die stolon self was, is as 'n knol getel. Die vier skokbehandelings en vier skoktye (geen, 25 dae, 25 & 35 dae en 35 dae na uitplant) is faktoriaal in 'n ewekansige blokontwerp, met 3 herhalings gereël.

Tabel 1 Kontrole voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.3 mS cm^{-1} en 'n pH van 5.5. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L^{-1}) gegee.

Sout	Toediening (mg L^{-1})	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	80.5	0.7						0.7	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	369				3				3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	625.4			5.3			5.3		
KNO_3	404		4				4		
K_2SO_4	0								
H_3PO_4	0								
Totale Voeding		0.7	4	5.3	3		9.3	0.7	3

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel

Tabel 2 Voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.3 mS cm^{-1} en 'n pH van 5.5 wat as kalsium-skok gebruik is. Konsentrasie van ione word in mmol_c (me L^{-1}) gegee.

Sout	Toediening (mg L^{-1})	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	80.5	0.7						0.7	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	369				3				3
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	294.4				2.3		2.3		
KNO_3	707		7				7		
K_2SO_4	0								
H_3PO_4	0								
Totale Voeding		0.7	7	0	5.3		9.3	0.7	3

* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel



Figuur 1 Ogie wat uit 'n uitgeloopte moer gedruk is



Figuur 2 Plastiek houer waarin wortels en stolons ontwikkel



Figuur 3 Lugknolle wat vorm weens 'n suurstof gebrek



Figuur 4 Knolle met tekens van misvorming en waterpuisies

Tabel 3 Die invloed van skok-behandelings en skok-stadiums op die vars massa van knolle (VMK), vars massa van wortels (VMW), vars massa van lowwe (VML), droë massa van knolle (DMK), droë massa van wortels (DMW), droë massa van lowwe (DML), totale hoeveelheid knolle (THK) en totale gewig van knolle (TGK).

Behandeling	VMK	VMW	VML	DMK	DMW	DML	THK	TGK
pH 3.0	137.31	97.99	148.64	29.43	12.48	22.84	59.63	137.31
pH 3.5	114.56	113.03	168.99	21.96	13.31	23.54	54.75	114.56
pH 4.0	121.16	119.25	166.66	24.64	14.18	25.15	70.13	121.16
Geen kalsium	124.21	107.13	169.74	25.48	13.14	24.54	66.78	124.21
Kontrole	116.82	105.58	140.02	27.32	13.58	22.32	39.83	116.82
KBV (5%)	NB	NB	20.69	NB	NB	NB	24.97	NB
Stadium 25	133.27	106.53	175.12	25.95	13.47	25.00	70.60	133.27
Stadium 25 & 35	121.11	110.21	171.41	27.41	13.19	23.36	68.73	121.11
Stadium 35	119.78	110.73	156.38	23.04	13.18	23.84	51.25	119.78
Geen	116.82	105.58	140.02	27.32	13.58	22.32	39.83	116.82
KBV (5%)	NB	NB	18.95	NB	NB	NB	22.94	NB
CV	33.04	24.25	11.92	37.81	15.30	15.30	40.03	33.04

NB=Nie betekenisvol nie

KBV =Kleinste betekenisvolle verskil

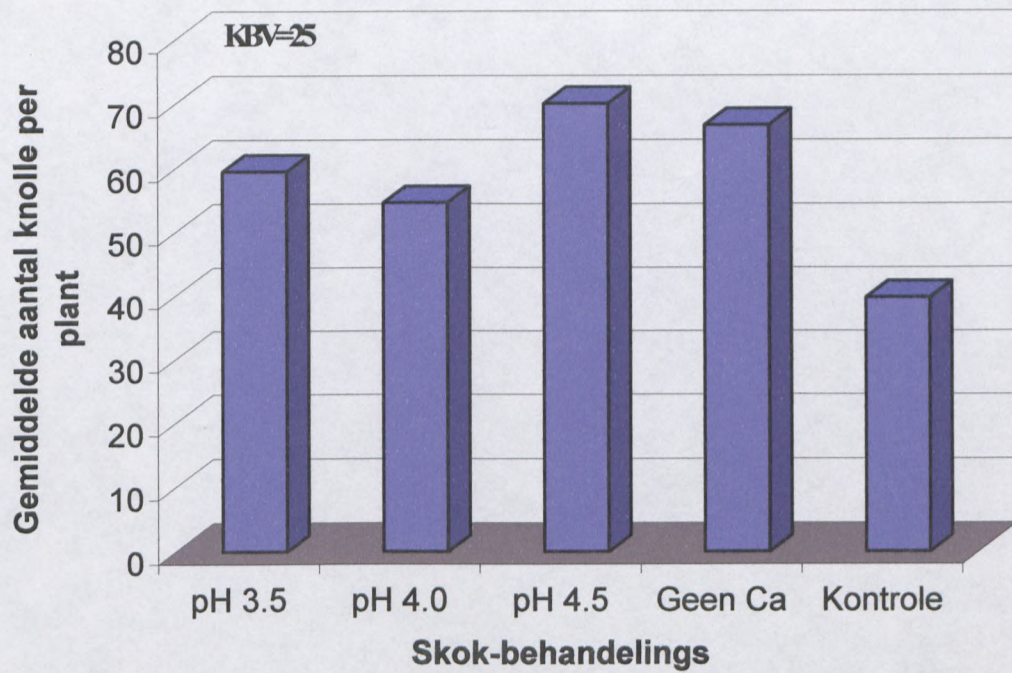
CV=Koëffisient van variasie

Resultate en bespreking

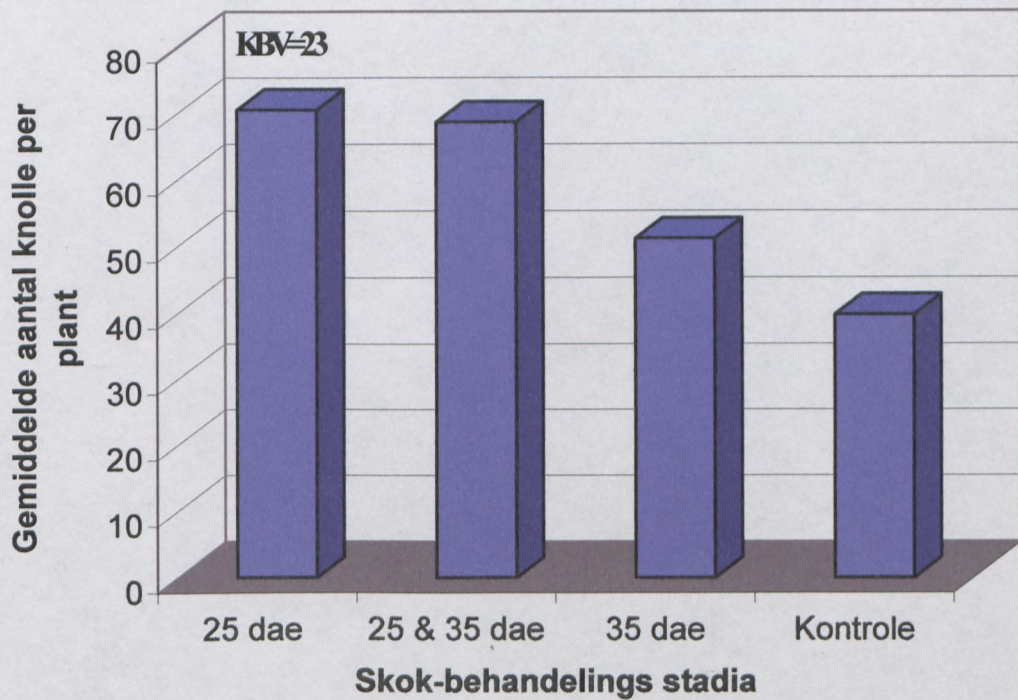
'n Buitengewoon groot aantal knolle het per plant ontwikkel, ook by kontrole plante. Verskeie probleme of onbeheerde variasie is ondervind wat hiertoe kon bydra. Daar is tydens die verloop van die proef waargeneem dat die plastiek houers te klein was vir die plante. Op warm dae is daar meer as 'n liter voedingsoplossing per plant opgeneem. Daar is waargeneem dat die pH binne 24 uur vanaf 5.5 tot 8 styg. Die 2L reservoir met voedingsoplossing in die plastiek houers was dus te klein om as buffer te dien vir al die metaboliese prosesse wat daarin plaasgevind het. Aanduidings dat die wortel- en knolmedium anaerobiese toestande ondervind het is eers ontdek toe van die plante lugknolle begin vorm het (Figuur 3). Dit is bekend dat 'n anaerobiese knolmedium die ontwikkeling van lugknolle inisieer (Combrink, 1971).

Volgens Tibbitts en Cao (1994) sal enige toestand wat die plant onder stremming plaas knolinisiasie induseer. Daar kan dus gespekuleer word dat die klein volume voedingsoplossing in die houers, sowel as die gepaardgaande vinnige styging in pH, en/of die suurstof gebrek in die wortel/knol medium daartoe kon bydra om die plante te skok. Die plante het waarskynlik weens een of meer van die toestande na 'n reprodktiewe fase oorgeskakel en knolle begin inisieer. Selfs die onbehandelde kontrole plante het gemiddeld 40 knolle per plant gevorm. Die meeste van die knolle was in die 1 tot 10g klas en 'n groot persentasie was misvormd en het waterpuisies getoon (Figuur 4).

Betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde aantal knolle per plant is by die verskillende skok-behandelings gevind (Figuur 5). Alhoewel eksterne faktore waarskynlik tot die groot hoeveelheid knolle wat gevorm het bygedra het, kon daar steeds getoon word dat die 4.5-pH-skok en die geen-kalsium-skok betekenisvol meer knolle gegee het. Daar kan nie sonder twyfel afgelei word dat 4.5 die optimum pH vir so 'n skok sal wees nie aangesien die drie pH-skok-behandelings nie betekenisvol van mekaar verskil het nie. Daar kan aanvaar word dat die opname van beide kalsium en magnesium deur 'n lae pH beperk sou word (Gascho, Anderson & Bowen, 1993). Aangesien magnesium maklik getranslokeer word, kan gespekuleer word dat 'n kortstondige verlaagde pH nie 'n blywende magnesium effek sou hê nie. Hierteenoor word kalsium moeilik getranslokeer wat dus 'n blywende effek kon hê. Hierdie vermoede is versterk deur die feit dat die kalsium-skok 'n betekenisvolle verhoging in die aantal knolle wat geïnisieer is tot gevolg gehad het. Dit is lank reeds bekend (Combrink, 1971) dat ekstreem lae kalsium peile inwendige bruinvlek kan laat ontwikkel weens beskadiging van selwande, maar dat daar tegelyk ook meer knolletjies gevorm word. Die effek van 'n kort blootstelling van stolons aan 'n lae pH en/of die afwesigheid van kalsium vir selwand versterking in die stolon se groeipunt was waarskynlik vir geringe selwand skade en knolinisiasie verantwoordelik. Die gebrek aan genoegsame meganiese weerstand wat in 'n waterkultuurstelsel as oorsaak vir swak knolinisiasie aangevoer word (Wan, Cao & Tibbitts, 1994; Tibbitts & Wheeler, 1987) kan volgens hierdie resultate waarskynlik fisiologies bewerkstellig word.



Figuur 5 Die gemiddelde aantal knolle per plant by die verskillende skok-behandelings



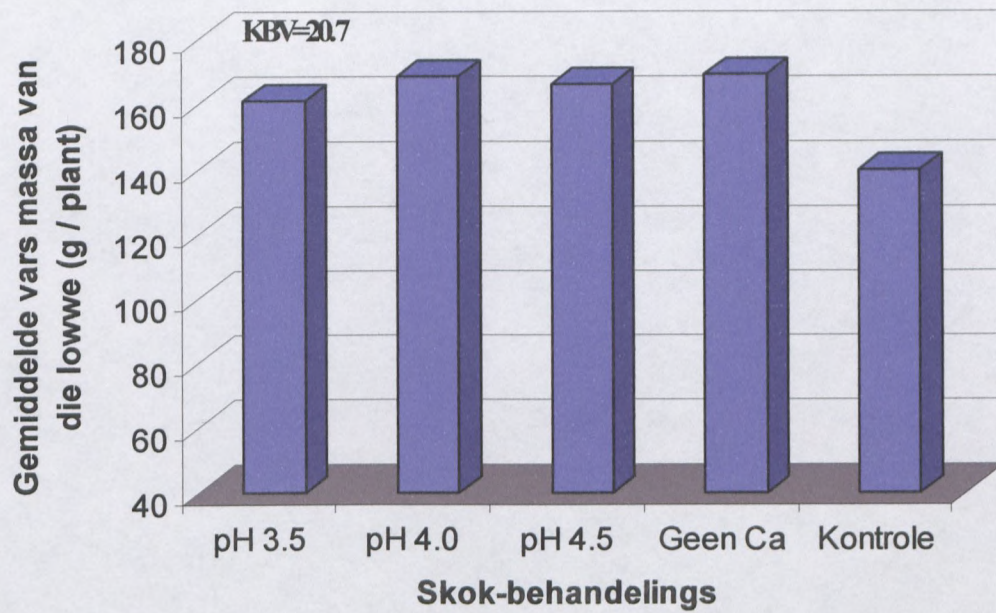
Figuur 6 Die invloed van die stadium waarop skok-behandelings toegedien is op die aantal knolle wat per plant ontwikkel het (behandelings van 10 uur per stadium)

Die gemiddelde aantal knolle wat per plant ontwikkel het, is betekenisvol deur die stadiums waarop skok-behandelings toegedien is beïnvloed (Figuur 6). Beide die vroeë skok-behandelingstadium (25 dae) asook 'n kombinasie van twee skok-stadiums (25 & 35 dae), het betekenisvol beter resultate as die kontrole gelever. Daar kan afgelei word dat slegs een skok-behandeling voldoende is aangesien die beste resultate gevind is met die enkele skok op 25 dae. Daar kan ook aanvaar word dat die effek beter is as die plante op 'n jonger stadium geskok word (25 dae). Dit kan wees dat die stolons op die later stadium (35dae) minder gevoelig was of dat die plant se biomassa te groot was en dus nie so effektief deur die skok-behandelings beïnvloed is nie.

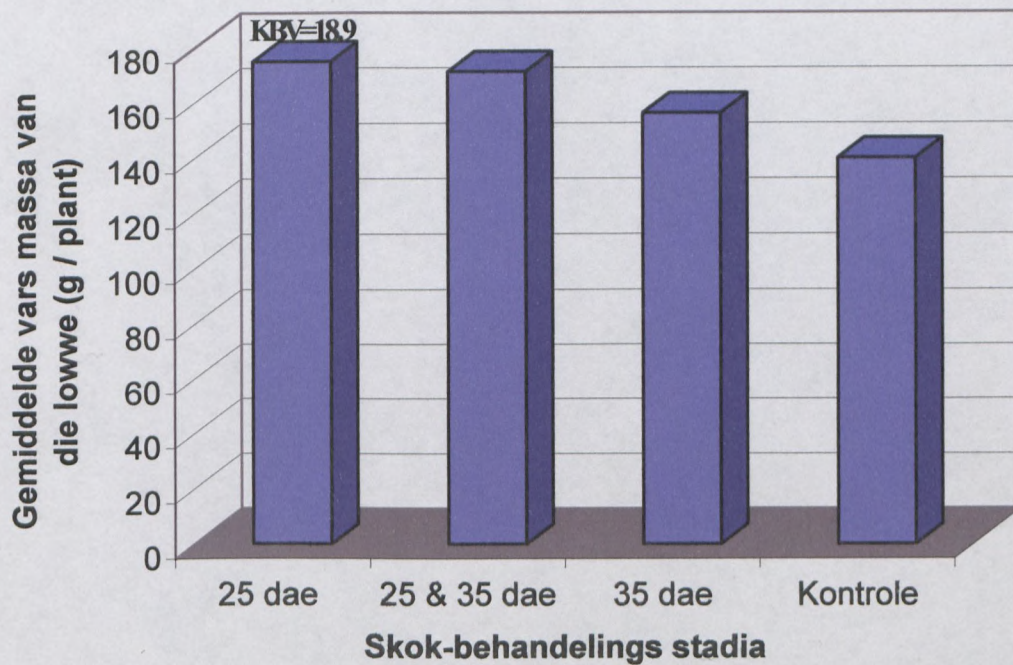
Die gemiddelde vars massa van die lowwe wat per plant by die verskillende skok-behandelings (behalwe pH 3.0) ontwikkel het, was betekenisvol ($P=0.05$) hoër as by die kontrole (Figuur 7). Die skok-behandelings het dus ook 'n groter blaarmassa tot gevolg gehad, alhoewel dit nie betekenisvol in die droë massas van die lowwe aangetoon kon word nie (Tabel 3). In Figuur 5 kan gesien word dat dieselfde handelings ook meer knolle gegee het. Daar kan dus afgelei word dat die plant as geheel gestimuleer is en dat daar nie blaarmassa prysgegee is weens translokasie van reserwes na knolle toe ten einde 'n verhoogde knolproduksie te bewerkstellig nie.

Soos in Figuur 8 gesien kan word, het die vroeë stadium waarop skok-behandelings toegedien is, die grootste loofmassa gelever. Net soos in die geval van die aantal knolle (Figuur 6) het die vroeë skok-stadium (25 dae) sowel as die gekombineerde behandeling (25 & 35 dae) betekenisvol beter as die kontrole presteer en was daar geen aanduiding dat knolontwikkeling ten koste van loofmassa plaasgevind het nie. Dit is in ooreenstemming met die beskouing van (Evans, 1993), dat fotosintese meer doeltreffend word indien die metaboliese sinkput vergroot.

Ten spyte van onbeheerde variasie, wat 'n bydrae gelever het om 'n buitengewoon groot getal knolle per plant te laat ontwikkel, is daarin geslaag om knolinisiasie met 'n lae pH-skok van 40 tot 70 knolle per plant te verhoog. Die feit dat 'n tydelike onttrekking van kalsium vanuit die voedingsoplossing die aantal knolle van 40 tot 67 per plant verhoog het, dui daarop dat die effek van 'n lae pH-skok waarskynlik met ontoeganklikheid van kalsium verband hou.



Figuur 7 Die gemiddelde vars massa van lowwe wat per plant by die verskillende skok-behandelings ontwikkel het



Figuur 8 Die gemiddelde vars massa van lowwe wat by verskillende stadiums van skok-toedienings gevorm het

Literatuurverwysings

- ABOLITZ, M. & ZIESLIN, N., 1996. Effects of pH in the root environment on leakage of phenolic compounds and mineral ions from roots of *Rosa indica major*. *Adv. Hort. Sci.* 10, 210-214.
- COMBRINK, N.J.J., 1971. Inwendige bruinvlek by aartappels (*Solanum tuberosum*). (Ongepubliseerde) MSc-tesis. Universiteit van Pretoria.
- EVANS, L.T., 1993. Physiological aspects of crop improvement. In: L.T. Evans (ed.). *Crop evolution, adaptation and yield*. Cambridge University Press.
- GASCHO, G.J., ANDERSON, D.L. & BOWEN, J.E., 1993. Potato. In: W. F. Bennett (ed.). *Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants*. The American Phytopathological Society, Minnesota. pp 41.
- RANALLI, P., 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. *Potato Res.* 40, 439-453.
- STEINER, A.A., 1984. The universal nutrient solution. *Proc. Int. Soc. Soilless Culture*. 633-649.
- TIBBITTS, T.W. & CAO, W., 1994. Solid matrix and liquid culture procedures for growth of potatoes. *Adv. Space Res.* 14, 427-433.
- TIBBITTS, T.W. & WHEELER, R.M., 1987. Utilization of potatoes in bioregenerative life support systems. *Adv. Space Res.* 7, 115-122.
- VREUGDENHIL, D. & STRUIK, P.C., 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). *Physiol. Plant.* 75, 525-531.
- WAN, W.Y., CAO, W. & TIBBITTS, T.W., 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alteration of solution pH. *Hort Science*. 29, 621-623.

HOOFSTUK 7

Produksie van aartappel miniknolle met 'n hidrokultuur produksietegniek

Uittreksel

'n Nuwe hidrokultuur produksietegniek is ontwikkel waarmee die induksie van miniknolle by aartappels met 'n pH-skok in die praktyk geïmplimenteer kan word. Siektevrye *in vitro* plantjies is in 'n groeikamer in langwerpige bakke met 'n 5% helling gevestig. Die bakke is met dubbellaag plastiek bedek waardeur die plantjies van drie kultivars naamlik, BP1, Shepody en Calibra geplaas is. Virusnet is horisontaal binne bakke geplaas waardeur die wortels kon groei maar nie die stolons nie. Dagtemperatuur is op 25°C en nagtemperatuur op 18°C gehou. 'n Suiwer waterkultuurstelsel is gebruik waar 'n voedingsoplossing met mikro-sproeiërs aan wortels, stolons en knolle toegedien is. Die sproeiërs was alternatief vir 15 minute aan en af. Ligperiodes van 14 uur is deur donkerperiodes van 10 uur opgevolg. Die plante is tweekeer na uitplant (dag 33 en 40) met 'n lae pH oplossing geskok. Die plante is 65 dae na uitplant geoes. Die proef moes gestaak word weens die feit dat die plante onbeheerd vegetatief gegroei het. Daar het geen knolle gevorm nie, waarskynlik weens die lang dae en ongunstige omgewingstoestande wat geskep is.

Sleutelwoorde: “aeroponics”, “hydroponics”, kalsium, pH, miniknolle, *Solanum tuberosum*

Inleiding

In hierdie studie is dieselfde behandelings as in hoofstuk 6 toegedien. Die produksiesisteem is egter aangepas om beter kwaliteit knolle te lewer.

Met die “Nutrient film technique” (NFT) word daar nie van ’n wortelmedium gebruik gemaak nie. Die prosedure behels die verskaffing van ’n dun lagie voedingsoplossing wat deurlopend aan die plantwortels in ’n geut teen ’n gradiënt voorsien word (Tibbitts & Cao, 1994). Die stroom voedingoplossing verskaf ’n konstante voorraad van water en nutriente aan die plant, terwyl daar genoegsame suurstof vir die wortelstelsel beskikbaar is. Met aartappels in ’n NFT sisteem is dit dus moontlik dat die knolle op ’n geskikte grootte geoes kan word.

Die “aeroponic” stelsel verskil van ’n NFT stelsel in die opsig dat die plant se wortels deur ’n sproei of mis van voedingsoplossing benat word. Dit is belangrik dat die sproei al die wortels en veral stolons benat. Waar die stolons nie benat word nie mag nekrotiese letsels op die stolonpunt vorm, as gevolg van onvoldoende kalsium opname (McGuire & Kelman soos aangehaal deur Bartz, Locascio & Weingartner, 1992). Kalsium wat deur wortels opgeneem is word moeilik na stolons getranslokeer en dit is dus moontlik dat beperkte hoeveelhede die knolle mag bereik (Tibbitts & Cao, 1994).

’n Kombinasie van die NFT en “aeroponic” sisteme is vir ’n nuwe stelsel gebruik met sproeiers om die knolle en wortels te benat. Sodra die wortels ’n mat onder in die bak vorm verander die stelsel vir alle praktiese doeleindes na ’n NFT stelsel. Die verskil is dat ’n virusnet (0.5mm by 0.25mm) in die bak geplaas is waardeur die wortels kon groei maar nie stolons nie. Dit het verhoed dat die knolle in die water lê maar knolle is steeds deur die sproeiers benat. ’n Grafiese voorstelling van die stelsel kan in Figuur 3 gesien word.

Probleme wat in hoofstuk 6 se proef ondervind is, is met die nuwe stelsel oorbrug. Belugting van die wortel- en knolmedia was nie meer ’n probleem nie aangesien ’n “aeroponic” stelsel gebruik is waar belugting optimaal plaasvind. In die stelsel kan die knolle maklik op die verlangde grootte gepluk word sonder om die plant te beskadig.

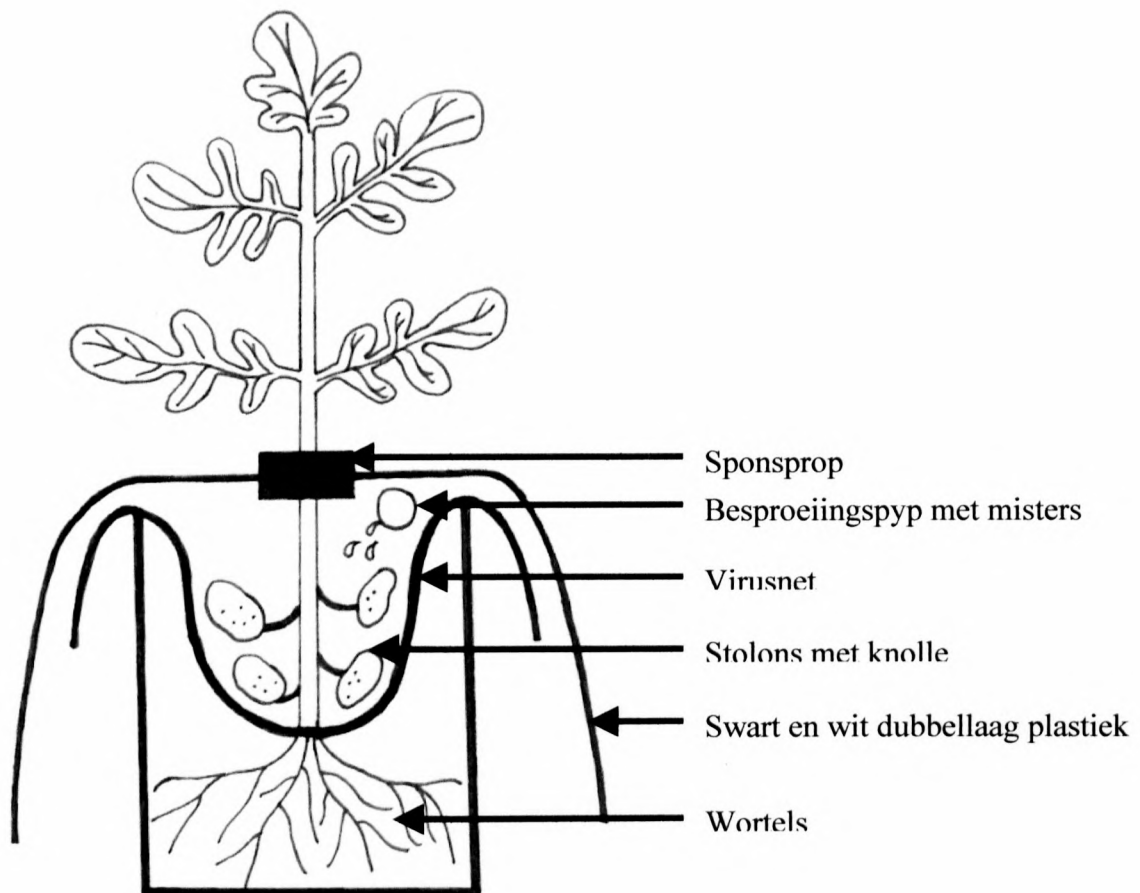
Verder gebruik die stelsel 'n groot volume (250L) hersirkulerende voedingsoplossing wat beter teen 'n verandering in pH gebuffer is. Die doel van hierdie studie was om soveel as moontlik miniknolle per plant te produseer deur van 'n pH-skok gebruik te maak.

Materiaal en Metodes

Die proef is in 'n groeikamer van die Universiteit van Stellenbosch, te Welgevallen gedoen. Op die 21ste Februarie 2001 is siektevrye *in vitro* plantjies uitgeplant. Die *in vitro* plantjies is vanaf Mev. H. Joker (Bonnivale) verkry. Dit is volgens die voorvereistes in haar laboratorium gekweek. Drie kultivars naamlik, BP1, Shepody en Calibra is gebruik. Daar is van 'n gemodifiseerde hersirkulerende “aeroponic” sisteem gebruik gemaak (Figuur 1). Langwerpige bakke (1200 x 400 x 300mm) met 'n 5% helling is gebruik. Nege plante is per bak geplant en vier bakke is in 'n 2.5m X 2.5m groeikamer geplaas. Die bakke is met dubbellaag plastiek bedek. Wit plastiek is aan die bokant en swart plastiek onder geplaas om ligpenetrasie te vermy asook om 'n styging in die voedingsoplossing se temperatuur te voorkom. Binne in elke bak is virusnet horisontaal geplaas waardeur die wortels kon groei maar nie stolons nie (Figuur 2). Die plante is in posisie gehou deur 'n sponsprop sowel as toue wat gebruik is om die plante mee op te lei (Figuur 3).

Dagtemperatuur is op 25°C gestel terwyl die nagtemperatuur 18°C was. 'n Ligperiode van 14 uur is met behulp van buisligte sowel as gloeilampe voorsien en is deur 'n donkerperiode van 10 uur opgevolg. Die fotosintese foton vloeï was $300 \pm 20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aan die bopunt van die blaardak. 'n Suiwer waterkultuurstelsel is gebruik waar wortels en stolons met 'n sproei van voedingsoplossing benat is. Die voedingsoplossing se samestelling word in Tabel 1 uiteengesit. Die elektriese geleiding was 1.07 mS cm^{-1} terwyl die pH op 5.5 gehou is deur van swawelsuur (H_2SO_4) en natrium hidroksied (NaOH) gebruik te maak. Mikro-elemente is in alle gevalle teen Steiner (1984) se aanbeveling toegedien. Die sproeiers was alternatief vir 15 minute aan en af. Die voedingsoplossing is weekliks vervang. Die eerste twee weke is 'n half sterkte voedingsoplossing toegedien.

Die plante is twee keer na uitplant (dag 33 en 40) met 'n lae pH oplossing geskok. Die behandeling het 10 ure geduur en die pH is op 3.5 gehandhaaf. Die plante is 65 dae na uitplant geoes. 'n Enkele plant is as eksperimentele eenheid gebruik. Twee behandelings (kontrole en lae pH-skok) en 3 kultivars is in 'n 2 x 3 faktoriaal eksperiment met 6 herhalings gebruik.



Figuur 1 'n Aangepaste hidrokuultuur produksiestelsel waarmee aartappel miniknolle gekweek is

Tabel 1 Kontrole voedingsoplossing* met 'n elektriese geleiding van 1.07 mS cm^{-1} en 'n pH van 5,5. Konsentrasie van ione word in $\text{mmol}_c (\text{me L}^{-1})$ gegee.

Sout	Toediening (mg L^{-1})	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	80.5	0.7						0.7	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246				2				2
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	400			4			4		
KNO_3	303		3				3		
K_2SO_4	87		1						1
H_3PO_4	0								
Totale Voeding		0.7	4	4	2		7	0.7	3

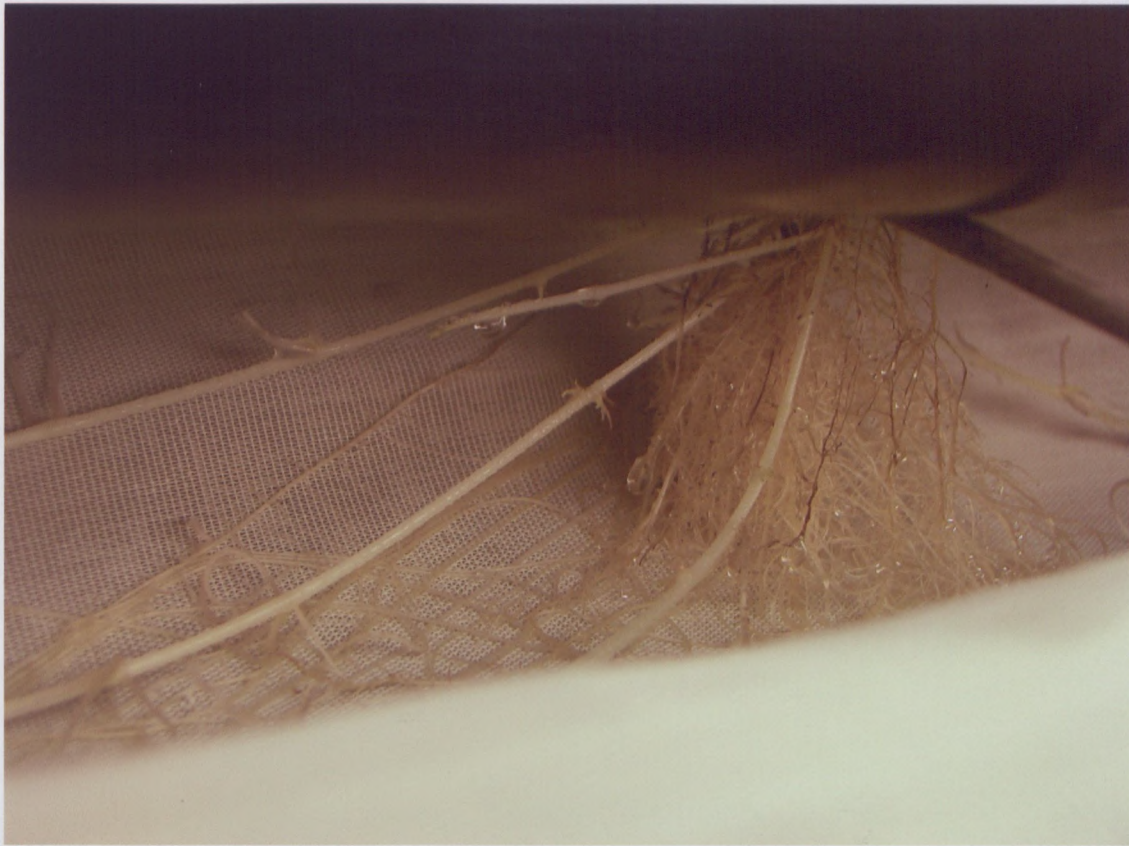
* Mikro-elemente voorsien soos deur Steiner (1984) aanbeveel



Figuur 2 Virusnet wat die wortels deurlaat maar nie die stolons nie



Figuur 3 Plante deur middel van sponsproppe en toue in plek gehou



Figuur 4 Wortels en lang stolons sonder knolle



Figuur 5 Knolle wat vorm sonder 'n knolmedium (foto kom uit 'n opvolgproef)

Resultate en bespreking

Die proef is 65 dae na uitplant gestaak. Die plante het abnormaal vegetatief gegroei en kon nie beheer word nie. Daar het geen knolle gevorm nie. Die wortelstelsel van die plante was baie goed ontwikkel. 'n Groot hoeveelheid stolons, meestal langer as 30cm en meer as 5 mm in deursnee het ontwikkel (Figuur 4).

Omgewingstoestande mag as rede aangevoer word waarom die plante nie knolle gevorm het nie, alhoewel temperatuur sowel as die daglengte beheer is. Aartappels inisieer knolle by kort-dag toestande (Ewing & Struik, 1992) en die effektiwiteit van 'n pH-skok is doelbewus by lang dae (14 uur) ondersoek.

In retrospek kan bespiegel word dat die pH-skok vroeër toegedien moes word en die hoeveelheid stikstof in die voedingsoplossing te hoog kon wees, aangesien hoë stikstofpeile knolinisiasie inhibeer (Steyn & Prinsloo, 1999; Westermann, James, Tindall & Hurst, 1994). Die sintetiese lig kon ook 'n effek gehad het aangesien die fotosintese foton vloeï $300 \pm 20 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ relatief laag was. Die lae ligintensiteit kon moontlik tot die onvermoë van die plante om na 'n reprodktiewe fase oor te skakel bygedra het.

Die reprodktiewe stelsel van die aartappelplant is kompleks en daar is baie faktore wat dit mag beïnvloed.

Literatuurverwysings

BARTZ, J.A., LOCASCIO, S.J. & WEINGARTNER, D.P., 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *Am. potato J.* 69, 39-50.

EWING, E.E. & STRUIK, P.C., 1992. Tuber formation in potato: Induction, initiation and growth. *Hort. Rev.* 14, 89-198.

STEINER, A.A., 1984. The universal nutrient solution. *Proc. Int. Soc. Soilless Culture.* 633-649.

STEYN, J. M. & PRINSLOO, K.P., 1999. Bemesting van aartappels. In: P.J. Steyn (ed.). Handleiding vir Aartappelverbouing in Suid-Afrika. United Litho, Roodeplaat. pp 62-67.

TIBBITTS, T.W. & CAO, W., 1994. Solid matrix and liquid culture procedures for growth of potatoes. *Adv. Space Res.* 14, 427-433.

WESTERMANN, D.T., JAMES, D.W., TINDALL, T.A. & HURST, R.L., 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. *Am. potato J.* 71, 433-453.